

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

INTÉGRATION DE LA BIODIVERSITÉ DANS L'ÉVALUATION
ENVIRONNEMENTALE STRATÉGIQUE DES AMÉNAGEMENTS DANS LE BASSIN
FLUVIAL DU PROGRAMME KANDADJI AU NIGER

THÈSE

PRÉSENTÉE

COMME EXIGENCE PARTIELLE

DU DOCTORAT EN SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT

PAR

HASSANE DJIBRILLA CISSÉ

OCTOBRE 2013

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de cette thèse se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.01-2006). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

À mes parents bien aimés.

À ma famille et mes amis.

«Nous avons rompu le cercle de vie, transformant ses cycles éternels en une suite linéaire d'événements façonnés par main d'homme. Les cycles de l'écosphère subissent bien des atteintes qui témoignent de notre pouvoir de déchirer ce tissu écologique qui depuis des millions d'années perpétue la vie de la planète» Barry, C. (1971).

AVANT PROPOS

La gestion environnementale est à l'interface des activités humaines et des éléments du milieu. Il s'agit *d'administrer durablement* le milieu naturel au profit de l'homme. Cela couvre donc plusieurs champs disciplinaires. Pour notre part, nous analysons l'application des outils d'évaluation environnementale et leur contribution à la conservation de la biodiversité dans une zone de barrage, celle du Programme «Kandadji» de Régénération des Écosystèmes et de Mise en valeur de la vallée du Niger (P_KRESMIN) au Niger. Les activités humaines, dans le cas présent, les aménagements fluviaux post barrage, peuvent impacter la biodiversité en modifiant les écosystèmes et les espèces biologiques.

Cette thèse s'appuie sur des résultats d'études d'impacts environnementales et sociales, mais elle les dépasse en s'intéressant au niveau stratégique des évaluations environnementales et à leur pertinence pour traiter de la prise en compte de la biodiversité dans un contexte multi acteurs. En effet, la prise en compte des impacts environnementaux, peut se faire à différents niveaux, soit au moment de l'élaboration des politiques, plans ou programmes (PPP) ou encore à l'étape de projet.

Nous allons utiliser les termes méthodologies d'évaluations environnementales stratégiques (ÉES) et d'aide multicritère à la décision (AMCD). Nos propos visent à approfondir les connaissances dans les domaines précités en tirant des leçons par l'application de ces outils maintenant bien éprouvés. Dans ce sens, aucun élément technique qui ne soit nécessaire au développement méthodologique n'est mentionné. Mais, autant que possible, nous renvoyons à la littérature spécialisée. De même, il sera question d'options d'aménagement, qui doivent être comprises comme un ensemble d'activités concourant à un objectif global commun.

Les limites de cette étude résident dans le traitement général de l'information en matière de biodiversité du fait de l'insuffisance de données spécifiques à la zone d'étude. En effet, malgré son importance fondamentale pour l'humanité, la biodiversité reste encore insuffisamment documentée. Cette insuffisance est davantage prononcée pour les eaux douces, en particulier celles de l'Afrique de l'Ouest, région qui se caractérise par une difficulté d'accès aux données souvent mal archivées.

En dépit des limites évoquées, notre motivation de valider une démarche méthodologique d'aide multicritère à la décision dans un contexte multi-acteurs, est donc satisfaite. Cela constitue une contribution à l'amélioration de la prise en compte des préoccupations et des jugements de valeurs des populations locales et des autres acteurs de la préservation et de la valorisation de la biodiversité lors des aménagements post barrage.

Nous n'aurions pu atteindre ces objectifs sans la contribution de plusieurs personnes physiques et morales qui ont, à divers titres, contribué à la réalisation de la recherche. Que toutes soient sincèrement remerciées et assurées de notre profonde gratitude.

Je tiens évidemment à remercier en premier lieu mon directeur de thèse, M. Jean-philippe Waaub, Professeur titulaire au département de géographie de l'UQAM. La confiance qu'il m'a accordée, son soutien en toutes circonstances, témoignant de sa profonde humanité ainsi que sa patience à toute épreuve m'ont été indispensables et m'ont permis de parachever ce travail dans des conditions satisfaisantes.

Je remercie ensuite les membres de mon comité d'encadrement, M. Jean-Pierre Revéret, Professeur titulaire au Département de stratégie, responsabilité sociale et environnementale de l'UQAM ainsi que M. Claude Tessier, Chargé de projet-Environnement, Hydro-Québec Équipement et Services partagés. Ils ont été d'une grande disponibilité et m'ont fait bénéficier de commentaires constructifs ayant grandement améliorés la qualité de la recherche.

Cette thèse s'est enrichie de la relecture de plusieurs personnes, je pense en particulier à Mme Johanne Léveillé et MM. Amadou Idrissa Bokoye et Soumana Abdouramane Cissé.

Je remercie aussi le corps professoral et administratif:

- de l'Institut des sciences de l'environnement de l'UQAM pour la qualité de la formation et de l'encadrement reçus. Je pense en particulier à Mme Lucie Brodeur, Assistante de la gestion du programme de doctorat en Sciences de l'environnement. Elle a été constamment disponible pour me guider et me conseiller dans les nombreuses formalités et démarches liées au programme de doctorat à l'UQAM;
- du département de géographie de l'UQAM où j'ai eu la chance d'assumer pendant plusieurs années des charges de cours. J'ai ainsi eu une bonne collaboration avec la direction du département ainsi qu'avec son personnel de soutien. Je pense ici à André

Parent, Bertrand Touchette, Carole Tanguay; Denise Thiboutot; François Moquin; Louise Mackrous et Vicki Goyette.

Je remercie le gouvernement canadien qui a financé l'essentiel de ma formation doctorale à travers le Programme Canadien des Bourses de la Francophonie (PCBF) exécuté par l'Association des universités et collèges du Canada (AUCC) pour le compte de l'Agence Canadienne de Développement International (ACDI). J'ai une pensée particulière pour Mme Jeanne Gallagher. J'ai aussi bénéficié du soutien financier de mon pays, le Niger et je réitère mon engagement à le servir partout et pour toujours.

Mes travaux de terrain se sont déroulés dans d'excellentes conditions grâce au concours de plusieurs personnes et institutions :

- les acteurs répertoriés au niveau du chapitre VII, ont été au cœur de la recherche en acceptant de m'accompagner tout au long du processus d'aide multicritère. Mais, je ne peux faire l'économie de remercier spécialement les populations des campements de Mallou, Firgoun et Ayérou Goungou ainsi que MM. Rabiou et Hassane du poste forestier d'Ayérou;
- de même, je souligne la contribution inestimable du personnel du Haut-commissariat à l'Aménagement de la Vallée du Niger, qui a été ma structure d'accueil au Niger. Que MM. Almoustapha Garba, Haut-Commissaire, Hachimou Ibrah, Directeur du Département Environnement et Gestion des Écosystèmes et Kombi Arhidio Boubacar, expert en pêche et en lutte contre les adventices aquatiques proliférantes, soient vivement remerciés. M. Arhidio a été à mes côtés aussi bien lors de travaux de terrain que pendant la rédaction de la thèse.

J'ai pu compter aussi sur le soutien constant d'un réseau professionnel, fraternel et amical durant mes années de recherche. Au risque d'en oublier certains, je citerai:

- mes amis du GEIGER en particulier Djibo Boubacar, Jeanne Tewa, Maman Djibo, Malick N'Diaye, Maria de L. Vazquez, Karim Samoura;
- mes amis du réseau du Rassemblement des Nigériens au Canada et ceux du PCBF;
- mes frères et amis du Niger en particulier MM. Abdramane Bachabi, Massaoudou Tahirou, Soumana Abdouramane Cissé;
- mes supérieurs hiérarchiques du Ministère en charge de l'Environnement du Niger. Je pense en particulier à MM. Attari Boukar, Chaibou Mamane, Issaka Adamou Ounteni, Maina Bila, Mamadou Mamane, Chaibou Mamane et à feu Kimba Hassane.
- mes amis et collègues du Ministère en charge de l'Environnement du Niger en particulier tout le personnel du BEEEL. Je citerai MM. Abdoukader Bachard Lamine, Idrissa Yaou Adamou, Issaka Seyni Ounteini, Moussa Issalack;
- toute ma famille et ma belle-famille. J'ai une pensée particulière pour ma femme Lalla et mes filles, Asma et Ayra.

TABLE DES MATIERES

AVANT PROPOS	iv
LISTE DES FIGURES	xiii
LISTE DES TABLEAUX.....	xv
LISTE DES SIGLES, ACRONYMES ET ABRÉVIATIONS	xvii
RÉSUMÉ	ixx
SUMMARY	xxi
INTRODUCTION GÉNÉRALE	1
PREMIÈRE PARTIE.....	5
AMÉNAGEMENT DES BASSINS FLUVIAUX ET BIODIVERSITÉ.....	5
CHAPITRE I.....	6
CONTEXTE DE LA ZONE D'ÉTUDE.....	6
1.1 Contextes socio-économique et environnemental de l'Afrique de l'ouest	6
1.1.1 Contexte socio-économique.....	6
1.1.2 Contexte environnemental de l'Afrique de l'Ouest	8
1.2 Bassins fluviaux de l'Afrique de l'Ouest.....	8
1.3 Contextes socioéconomique et environnemental de la République du Niger	13
1.3.1 Contexte socio-économique du Niger.....	14
1.3.2 Contexte environnemental du Niger	16
1.3.3 Fleuve Niger au Niger: potentialités et contraintes.....	20
1.3.4 Conservation de la biodiversité au Niger	31
1.3.5 Évaluation environnementale (ÉE) au Niger	34
CHAPITRE II	37
AMÉNAGEMENT DES BASSINS FLUVIAUX	37
2.1 Historique des aménagements des bassins fluviaux.....	37

2.2	Objectifs des aménagements fluviaux.....	38
2.3	Barrages dans le monde	40
2.4	Impacts environnementaux et socio-économiques des barrages.....	41
2.4.1	Impacts environnementaux des barrages	43
2.4.2	Impacts socioéconomiques des barrages.....	44
2.5	Défis liés aux barrages	44
CHAPITRE III		46
PROBLÉMATIQUE, BUT ET OBJECTIFS DE L'ÉTUDE.....		46
3.1	Contexte et justification de la recherche	46
3.2	Problème abordé par cette recherche	49
3.2.1	Problème générale.....	49
3.2.2	Problème spécifique.....	51
3.3	But et objectifs de l'étude	53
3.3.1	But de l'étude	53
3.3.2	Objectifs de l'étude	53
3.4	Contributions attendues de la recherche	53
DEUXIÈME PARTIE.....		55
CADRE THÉORIQUE ET APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE.....		55
CHAPITRE IV		56
CADRE THÉORIQUE SUR LA BIODIVERSITÉ.....		56
4.1	Concept de biodiversité.....	56
4.2	État actuel de la biodiversité	58
4.3	Enjeux liés à la biodiversité	60
4.4	Causes de la perte de biodiversité	64
4.5	Enseignements et perspectives	66

CHAPITRE V	68
CADRE THÉORIQUE SUR L'ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE ET L'AIDE MULTICRITÈRE À LA DÉCISION	68
5.1 Historique et évolution du concept d'évaluation environnementale.....	68
5.2 Évaluation d'impacts sur l'environnement (ÉIE)	70
5.2.1 Objectifs et buts de l'évaluation d'impacts sur l'environnement.....	71
5.2.2 Processus de l'évaluation des impacts sur l'environnement	73
5.2.3 Participation publique	76
5.3 Dépasser l'ÉIE pour bonifier la participation publique	78
5.4 Évaluation environnementale stratégique	80
5.4.1 Définition de l'ÉES	80
5.4.2 Objectifs et raisons d'être de l'ÉES	83
5.4.3 Processus et outils de l'ÉES	91
5.5 Aide multicritère à la décision: outil d'évaluation environnementale stratégique..	99
5.5.1 Approche adoptée	99
5.5.2 Définition et concept d'aide à la décision	100
5.5.3 Paradigme multicritère et optimisation	101
5.5.4 Éléments taxinomiques	104
CHAPITRE VI.....	127
MÉTHODOLOGIE GÉNÉRALE DE L'ÉTUDE	127
6.1 Fondements de l'approche méthodologique adoptée	127
6.2 Démarche méthodologique	129
6.2.1 Objectif 1/phase 1: revue documentaire et préparation de la collecte de données.....	131
6.2.2 Objectif 1/phase 2: collecte des données, modèle AMCD et élaboration de la grille d'analyse.....	133
6.2.3 Objectif 2/phase 3: test du modèle par simulation	137
6.2.4 Mode opératoire de traitement des données par le logiciel D-Sight	140

TROISIÈME PARTIE	149
MODÈLE D'ÉES DE PRISE EN COMPTE DE LA BIODIVERSITÉ DANS LA PLANIFICATION DES ACTIVITÉS POST BARRAGE	149
CHAPITRE VII	150
PROCESSUS D'ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE STRATÉGIQUE ET AIDE MULTICRITÈRE À LA DÉCISION DANS UN CONTEXTE MULTI-ACTEURS.....	150
7.1 Vers une méthodologie d'ÉES basée sur l'AMCD pour la planification des activités post barrage.....	150
7.1.1 Gestion de la biodiversité dans les zones de barrages en Afrique de l'Ouest...	150
7.1.2 Processus d'ÉES avec l'AMCD comme outil de mise en œuvre.....	153
7.2 Mise en œuvre du modèle intégrant ÉES et AMCD	155
7.3 Résultats et discussion du processus de préparation du modèle	158
7.3.1 Identification des parties prenantes au processus décisionnel	158
7.3.2 Préoccupations et enjeux liés à l'exploitation des zones de barrages	167
7.3.3 Structuration des enjeux et définition des critères	172
CHAPITRE VIII	176
MODÈLE MULTICRITÈRE DE GESTION DE LA BIODIVERSITÉ: CAS DE LA ZONE DU PROGRAMME KANDADJI AU NIGER	176
8.1 Présentation de la zone du Programme «Kandadji»	176
8.2 Synthèse des impacts du barrage de Kandadji sur la biodiversité.....	179
8.3 Processus d'identification des options	180
8.3.1 Cadre conceptuel de conservation de la biodiversité	183
8.3.2 Cadre conceptuel de définition des options	184
8.4 Formulation des critères d'évaluation des options.....	187
8.5 Grille d'analyse multicritère pour le rangement des options	188
8.6 Évaluation des options sur les critères	191
8.6.1 Impact sur la biodiversité spécifique (Bsp).....	197

8.6.2	Impact sur les habitats naturels (Hab).....	203
8.6.3	Impact sur la qualité de l'eau (Eau)	205
8.6.4	Diversification des activités économiques (Act).....	208
8.6.5	Création d'emplois (Emp).....	210
8.6.6	Retombées économiques (Rec).....	212
8.6.7	Impact sur les valeurs traditionnelles (Vat)	214
8.6.8	Impact sur les conflits (Con).....	216
8.6.9	Occupation spatiale (Spa)	218
8.6.10	Bilan de l'évaluation des impacts de chaque indicateur par option	220
CHAPITRE IX.....		221
AIDE MULTICRITÈRE ET MULTI-ACTEURS À LA CONCERTATION POUR LE RANGEMENT DES OPTIONS D'AMÉNAGEMENT DE LA ZONE DE KANDADJI ...		221
9.1	Formalisation des systèmes de valeur des acteurs	221
9.2	Choix de fonctions et seuils de préférence.....	226
9.3	Résultats et discussion de l'analyse comparative des options.....	227
9.3.1	Rangement global et plan GAIA multi acteurs	228
9.3.2	Profils des options	230
9.3.3	Rangements des options par les acteurs 15 et 1	237
9.3.4	Plan GAIA-critères	240
9.3.5	Analyses de sensibilité et de robustesse.....	243
9.4	Discussion générale et recommandations	249
9.4.1	Discussion par rapport aux contributions théoriques de la recherche	250
9.4.2	Discussion par rapport aux contributions méthodologiques	251
9.4.3	Limites de la recherche	254
9.4.4	Recommandations	255
CONCLUSION GÉNÉRALE.....		260
ANNEXES		265
Annexe A		265

Populations des Bassins fluviaux de l'Afrique de l'Ouest.....	265
Annexe B	266
Description des bassins des fleuves Niger, Sénégal et Gambie.	266
Annexe C	271
Conservation la biodiversité dans les bassins ouest-africains.....	271
Annexe D	285
Extinction de la biodiversité suivant la trace de l'homme	285
Annexe E.....	286
Guide d'entretien à l'intention des cadres techniques.....	286
Annexe F	289
Guide de conduite des focus group.....	289
Annexe G	291
Guide d'observations de terrain	291
Annexe H	293
Procédure d'implémentation des données dans le logiciel D-Sight.....	293
BIBLIOGRAPHIE	301

LISTE DES FIGURES

Figure	Page
1.1 Cours d'eau transfrontaliers de l'Afrique de l'Ouest.	9
1.2 Principaux grands barrages des bassins de l'Afrique de l'Ouest.	10
1.3 Principaux barrages et projets de barrage dans le bassin du Niger.	10
1.4 Zones agro-écologiques du Niger.	15
1.5 Carte du réseau hydrographique du Niger.	19
1.6 Subdivision du bassin du fleuve Niger.	21
1.7 Évolutions comparées des prises des poissons et des données hydrologiques et pluviométriques.....	29
4.1 Concept de biodiversité et interactions entre les composantes.	58
4.2 Services fournis par la diversité biologique.	63
4.3 Effets des activités anthropiques sur la biodiversité.	66
5.1 Exemple d'arrimage ÉES et ÉIE.....	86
5.2 Grandes phases de l'ÉES.	92
5.3 Liens entre processus d'élaboration des PPP et ÉES.	95
5.4 Arbre de décision pour choisir la "bonne méthode".....	112
6.1 Revue documentaire et préparation de la collecte de données.....	132
6.2 Processus d'élaboration de la grille d'analyse multicritère	137
6.3 Processus du test du modèle par simulation.....	139
6.4 Exemple de comparaison des profils d'options.	144
6.5 Exemple d'intervalles de stabilité des poids de niveau 1.....	145
6.6 Cheminement intellectuel de PROMETHEE et GAIA.	148
7.1 Structuration du problème.....	156
7.2 Résolution multicritère du problème.....	157
7.3 Évaluation comparative des options.	157
7.4 Interactions entre les parties prenantes à la table de travail.	166
8.1 Localisation de la zone du programme P/KRESMIN.	177
8.2 Configuration du réservoir du barrage de Kandadji.....	182
8.3 Cadre conceptuel de définition des options.	185

8.4	Analyse globale de la végétation.	199
8.5	Répartition de la faune dans la zone d'étude.	200
9.1	Pondération des différentes catégories par les acteurs.	224
9.2	Poids absolus des critères selon les acteurs.....	225
9.3	Matrice d'évaluation des options.	227
9.4	Rangement complet (PROMETHEE II) selon tous les acteurs.....	228
9.5	Plan GAIA-acteurs.	229
9.6	Profil de l'option 45T1.	232
9.7	Profil de l'option 31T6.	232
9.8	Profil de l'option 43T6.	232
9.9	Profil de l'option 29T6.	232
9.10	Profil comparés des options selon les critères.	233
9.11	Profil comparés des options selon les catégories de critères.	234
9.12	Comparaison de l'option 4 aux trois autres options.....	235
9.13	Matrice du degré de préférence entre les options.....	235
9.14	Scores (flux nets) des options selon les acteurs.	236
9.15	Rangement complet (PROMETHEE II) de l'acteur 15.	238
9.16	Rangement partiel (PROMETHEE I) de l'acteur 15.	238
9.17	Rangement complet (PROMETHEE II) de l'acteur 1.	239
9.18	Rangement partiel (PROMETHEE I) acteur 1.....	240
9.19	Plan GAIA critères (acteur 1).	241
9.20	Scores unicritères par option.....	242
9.21	Rangements comparés avec poids différents VS poids égaux.	243
9.22	Intervalles de stabilité des poids de niveau 1 de l'acteur 15.	244
9.23	"Walking Weights" de l'acteur 15 (niveau de stabilité d'ordre 1).	245
9.24	Intervalles de stabilité des poids de niveau 2 de l'acteur 15	246
9.25	"Walking Weights" de l'acteur 15 (niveau de stabilité d'ordre 2).	246
9.26	Matrice des performances avec paramètres révisés.	248
9.27	Résultats des analyses de sensibilité et de robustesse.	249

LISTE DES TABLEAUX

Tableau	Page
1.1	Caractéristiques des fleuves Niger, Sénégal et Gambie..... 11
1.2	Périmètres hydro-agricoles de la vallée du fleuve Niger au Niger 25
2.1	Principaux types d'aménagements des lits des rivières 39
5.1	Processus type des études d'impacts sur l'environnement 73
5.2	Comparaison entre l'ÉES et l'ÉIE 84
5.3	Types de planification et leurs principales caractéristiques 88
5.4	Principaux types d'ÉES et leurs caractéristiques 89
5.5	Deux façons d'aborder l'ÉES 93
5.6	Techniques et outils utilisés suivant les phases de l'ÉES 98
5.7	Identification des types de problématique..... 106
5.8	Types de critères généralisés..... 114
5.9	Indifférence, préférences faible et stricte, incomparabilité 124
7.1	Synthèse des préoccupations et enjeux liés à l'aménagement 171
7.2	Structuration des enjeux et définitions des critères 173
8.1	Caractéristiques de base du Barrage de Kandadji 178
8.2	Caractéristiques des options..... 186
8.3	Grille d'analyse multicritère des options 189
8.4	Échelle arithmétique adoptée pour les échelles ordinales 191
8.5	Grille de détermination de la valeur environnementale 193
8.6	Grille de détermination de l'effet sur l'environnement..... 195
8.7	Grille de détermination d'impact à échelle ordinale 197
8.8	Effet des options sur la biodiversité spécifique..... 201
8.9	Niveau d'impact sur la biodiversité spécifique..... 202
8.10	Effet des options sur les habitats naturels 204
8.11	Niveau d'impact sur les habitats 205
8.12	Effet des options sur la qualité de l'eau..... 206
8.13	Sensibilité du milieu aux pollutions..... 207
8.14	Niveau d'impact sur la qualité de l'eau 208

8.15	Effet des options sur la diversification des activités économiques	209
8.16	Sensibilité du milieu à la diversification des activités économiques	209
8.17	Niveau d'impact sur la diversification des activités économiques	210
8.18	Effet des options sur la création d'emplois	210
8.19	Sensibilité à la création d'emplois	211
8.20	Nombre d'emplois créés par option	212
8.21	Effet des options lié aux retombées économiques	213
8.22	Sensibilité du milieu aux retombées économiques	213
8.23	Revenus générés par options	214
8.24	Effet des options sur les valeurs traditionnelles	215
8.25	Niveau d'impact sur les valeurs traditionnelles	216
8.26	Effet des options sur les conflits	217
8.27	Sensibilité du milieu aux conflits	218
8.28	Niveau d'impact des conflits par option	218
8.29	Effet des options sur l'occupation spatiale	219
8.30	Superficies occupées par option	220
8.31	Bilan de l'évaluation des impacts par option	220
9.1	Pondération des catégories et critères par les 16 acteurs	223

LISTE DES SIGLES, ACRONYMES ET ABRÉVIATIONS

ABN	Autorité du bassin du Niger
AHA	Aménagement Hydro Agricole
AIE	Agence internationale de l'Énergie
AMCD	Aide Multicritère à la Décision
CCNUCC	Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques
CDB	Convention sur la Diversité Biologique
CEDEAO	Communauté Économique des États de l'Afrique de l'Ouest
CIGB	Commission Internationale des Grands Barrages
CILSS	Comité permanent Inter-états de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel
CMB	Commission Mondiale des Barrages
CSAO	Compagnie du Sénégal et de l'Afrique de l'Ouest
ÉES	Évaluation Environnementale Stratégique
ÉIES	Étude d'Impact Environnementale et Sociale
FAO	Food and Agriculture Organization
GAIA	Geometrical Analysis for Interactive Assistance
GEIGER	Groupe d'Études Interdisciplinaires en Géographie et Environnement Régional
GEPIS	Groupe d'experts des plaines d'inondation sahéliennes
GES	Gaz à effet de serre
IAIA	International Association for Impact Assessment
IEPF	Institut de l'Énergie et de l'Environnement de la Francophonie
IFA	International Fertilizer Association
IMPHOS	Institut Mondial Du Phosphate

MAS	Mission d'Aménagement du fleuve Sénégal
MEA	Millenium Ecosystem Assessment
MEFS	Mission d'Études du fleuve Sénégal
NEPA	National Environment Policy Act
OAD	Organisation Autonome du Delta (Sénégal)
OAV	Organisation Autonome de la Vallée (Sénégal)
OCDE	Organisation pour la Coopération et le Développement Économique
OMVG	Organisation pour la Mise en Valeur du fleuve Gambie
OMVS	Organisation pour la Mise en Valeur du fleuve Sénégal
PAS	Programme d'Ajustement Structurel
PGES	Plan de Gestion Environnementale et Sociale
PNUE	Programme des Nations-Unies pour l'Environnement
PROMETHEE	Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation
SAED	Société Nationale d'Aménagement et d'Exploitation des Terres du Delta du Fleuve Sénégal et des Vallées du Fleuve Sénégal et de la Falémé
SGFU	Schweizerische Gesellschaft für Umweltschutz
UICN	Union Internationale pour la Conservation de la Nature
UN	United Nations
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
UNEP	United Nations Environment Programme
UQAM	Université du Québec à Montréal
WCD	World Commission on Dams
WWV/GWP	World Water Vision & Global Water Partnership

RÉSUMÉ

La surexploitation, la destruction et la dégradation d'habitats, l'invasion des espèces exotiques, et la modification du régime hydrologique des cours d'eau menacent la biodiversité et les avantages qui y sont liés un peu partout dans le monde. Dans les pays en développement, la dégradation de l'environnement est exacerbée par la pauvreté, une forte croissance démographique ainsi que certaines politiques de développement. Cela se traduit par des pertes de biodiversité particulièrement dans les bassins fluviaux comme ceux d'Afrique de l'Ouest. La nécessité de conserver les écosystèmes et les autres éléments de la biodiversité fluviale suggère une évaluation des pratiques anthropiques liées aux ouvrages structurants que sont les barrages. En effet, ces derniers modifient complètement la dynamique d'un bassin et entraînent souvent des conflits d'usage selon les modèles techniques d'aménagement adoptés.

Cette étude démontre la possibilité de mieux planifier les actions de développement en s'appuyant sur un dispositif d'évaluation environnementale stratégique et l'application de méthodes d'aide multicritère à la décision dans un contexte multi acteurs. Il s'agit d'intégrer et de tenir compte des intérêts et valeurs de toutes les parties prenantes à la gestion de la biodiversité. Pour ce faire, l'étude s'appuie sur une étude de cas, celle du Programme «Kandadji» au Niger, pour simuler une approche méthodologique en trois (3) phases à savoir la structuration du problème d'évaluation, le développement du modèle d'évaluation (grille d'analyse) et l'élaboration des recommandations.

Les approches PROMETHEE et GAIA qui font partie des méthodes de surclassement, l'une des trois approches multicritères, ont été privilégiées et mises en œuvre avec le logiciel D-Sight pour l'agrégation de synthèse.

Le processus a permis d'identifier quatre (4) types de préoccupations correspondant à autant de catégories (reliées aux dimensions du développement durable) pour les sept (7) enjeux retenus. En outre, quatre options d'aménagement ont été identifiées puis évaluées à partir de neuf (9) critères et indicateurs de mesure. Les résultats du classement suggèrent une adhésion des seize (16) parties prenantes, à la préservation de la biodiversité sans exclure son utilisation durable dans un cadre de gouvernance participative. Ainsi, l'option de compromis est celle qui minimise les superficies emblavées permettant ainsi de réduire les répercussions sur la biodiversité. Ainsi, l'application des méthodes multicritères dans un contexte multi-acteurs et suivant une logique contributive, est pertinente pour traiter de problèmes de conservation de la biodiversité. Elle permet d'aboutir à une meilleure décision en encadrant et favorisant l'intégration du savoir social et les valeurs des acteurs par l'instauration d'un climat de transparence et de responsabilisation pour la prise de décision.

Mots clés : *Biodiversité, bassins fluviaux, barrages, évaluation environnementale stratégique, aide multicritère à la décision.*

SUMMARY

Overexploitation, destruction and degradation of habitats, invasion of exotic species, and changes to the hydrological regime of rivers threatens biodiversity and advantages associated with it around the world. In developing countries, environmental degradation is exacerbated by poverty, high population growth as well as certain developmental policies. This often results in biodiversity loss, particularly in river basins such as those in West Africa. The need to conserve ecosystems and other elements of fluvial biodiversity suggests a need for an evaluation of anthropogenic practices linked to structural works such as the construction of dams. Dams have wide ranging consequences for river basins and often result in water usage conflicts depending on the model adopted for management.

This study demonstrates an opportunity to improve planning and development by drawing on strategic environmental assessments and the application of multicriteria methods in a multi actor context. The aim is to integrate and take into account the interests and values of all stakeholders with regards to biodiversity management. To do so, the study uses a case study of the "Kandadji" program in Niger to simulate a methodological approach consisting of three (3) phases: structuring the evaluation problem, development of an evaluation model (analytical) and the development of recommendations.

PROMETHEE and GAIA approaches which are part of outranking methods, one of three multicriteria approaches, were selected and implemented using the D-Sight software to analyze the findings.

The process enabled the identification of four (4) types of concerns corresponding to equally many categories (relevant to the dimensions of sustainable development) for the seven (7) issues conserved in the analysis. Moreover, four (4) management options were identified and evaluated based on nine (9) criteria and measurement indicators. The ranking results of the sixteen (16) stakeholders are consistent with a desire to preserve biodiversity that does not exclude sustainable usage of water resources within a framework of participatory governance. As such, the best compromise option is the one that minimizes agricultural and forested land in order to reduce impacts on biodiversity. This option also allows for a better decision by framing and promoting the integration of social knowledge and the values of stakeholders through the establishment of a climate of transparency and accountability for decision making.

Keywords: biodiversity, river basins, dams, strategic environmental assessment, multicriteria decision making.

INTRODUCTION GÉNÉRALE

La situation mondiale en matière de diversité biologique demeure fort préoccupante. En dépit des efforts fournis par la communauté internationale, les espèces végétales et animales continuent de disparaître partout dans le monde (United Nations (UN), 2001; Sukhdev et *al.* 2008). Plusieurs études telles que le *Millennium Ecosystem Assessment* (2005), les travaux de Sala (2003), Butchart et *al.* (2010) ainsi que ceux de Barnoky et *al.* (2011), concluent que le taux d'érosion actuelle de la biodiversité correspond à une sixième crise d'extinction. La liste Rouge¹ 2011 de l'UICN fait état de plusieurs centaines d'espèces éteintes et plusieurs espèces en danger critique, vulnérables ou menacées. Ainsi, les populations sauvages de vertébrés ont en moyenne chuté d'un tiers (31 %) à l'échelle mondiale entre 1970 et 2006, les déclins les plus sévères ont été constatés dans les écosystèmes tropicaux (59 %) et les écosystèmes d'eau douce (41 %) (Secrétariat de la convention sur la biodiversité - S/CDB - 2010).

Au bilan, 5% de la diversité biologique existante est perdue chaque décennie ce qui pourrait entraîner la disparition de 2/3 de toutes les espèces avant la fin du XXI^{ème} siècle (Marty et coll., 2005). Ainsi, la biodiversité qui n'était que source d'émerveillement et de curiosité scientifique, est devenue source de préoccupation (Tilman, 2000) et on perçoit son importance et l'urgence de la préserver (Durand-Garnier, 2012).

Dès le début du millénaire, l'UICN faisait ressortir, une fois de plus, la vulnérabilité particulière de certains milieux. Ainsi, 25% des espèces menacées d'extinction doivent leur sort à la dégradation des écosystèmes d'eau douce. La biodiversité de ces milieux est nettement plus menacée que celle des écosystèmes terrestres et marins (Ricciardi et Rasmussen, 1999 cités par Suski et Cooke 2007) compte tenu des nombreuses utilisations

¹ Les catégories de menaces de la Liste rouge de l'UICN sont les suivantes, en ordre décroissant de gravité :

Éteint ou *Éteint à l'état sauvage* ;

En danger critique d'extinction, *En danger* et *Vulnérable* : espèces menacées d'extinction globale ;

Quasi menacé : espèces proches des seuils de menaces ou qui seraient menacées sans les mesures de conservation spécifiques en cours ;

Préoccupation mineure : espèces dont le risque d'extinction est estimé moindre ;

Données insuffisantes : pas d'évaluation parce que les données sont insuffisantes ;

En danger critique d'extinction (Peut-être éteint) : pas une nouvelle catégorie; c'est un signal développé pour identifier les espèces qui sont, selon toute probabilité, déjà éteintes mais pour lesquelles il faut une confirmation.

anthropiques de l'eau (McNeely, 2003). L'homme utilise actuellement 54% de l'eau douce disponible sur terre et cette proportion passera à 70% d'ici 2050 (Stuart Chapin III et *al.* 2000). Certaines espèces sont plus touchées que d'autres. C'est le cas, par exemple, des amphibiens dont 1 905 espèces (30%) sont menacées (UICN, 2008). Ils sont suivis par les poissons d'eau douce (Bruton, 1995 cité par Suski et Cooke, 2007). Les menaces qui pèsent sur ces espèces proviendraient surtout de modifications d'habitats qui sont les conséquences directes de certaines politiques d'aménagement comme la construction des barrages. Une évaluation préalable et une prise en compte des impacts lors de la mise en œuvre des activités d'aménagement peuvent limiter les pertes. Ainsi, 5% des mammifères actuellement menacés montrent des signes de rétablissement à l'état sauvage (UICN, 2008). Toutefois, les bénéfices liés aux processus de restauration sont largement en deçà de ceux liés à un écosystème non perturbé (Benayas et *al.* 2009).

Dès 1980, la stratégie mondiale pour la conservation de la nature avait souligné une fois de plus le rôle central de la biodiversité pour l'humanité. Il s'agissait déjà de maintenir les processus écologiques essentiels et les systèmes entretenant la vie, préserver la diversité génétique et utiliser durablement les espèces et les écosystèmes (UICN, 1980).

Paradoxalement, les considérations relatives à la diversité biologique sont souvent ignorées lors de la conception des aménagements liés aux infrastructures et au développement industriel et les opportunités de planifier ces aménagements, en réduisant au minimum les incidences négatives et inutiles, ne sont pas exploitées (S/CDB, 2010). À ces faiblesses s'ajoutent dans le cas de l'Afrique de l'Ouest, une surexploitation des ressources naturelles pour faire face aux besoins alimentaires. De surcroît, cette région est marquée par une faiblesse du cadre institutionnel et réglementaire et une participation limitée des populations aux mesures de conservation de la biodiversité.

En cohérence avec les constats ci-dessus énumérés, cette recherche vise une meilleure conservation de la biodiversité en appliquant un processus d'évaluation environnementale stratégique (ÉES) pour l'aménagement des zones de barrages. L'application consistera à une simulation réaliste de comparaison d'options potentielles d'exploitation d'un sous bassin fluvial, celui du fleuve Niger au Niger. Pour ce faire, en se basant sur le cas de la zone du

programme «Kandadji», un modèle participatif et itératif d'aide multicritère à la décision (AMCD) dans un contexte multi acteurs est appliqué pour la planification des activités post barrage. L'étude a permis de développer une grille d'analyse multicritères formée de sept (7) enjeux auxquels sont associés neuf (9) critères et autant d'indicateurs de mesure. Les résultats de l'évaluation comparative des options suivant les approches PROMETHEE et GAIA suggèrent une forte adhésion des seize (16) parties prenantes identifiées à un modèle de développement qui préserve au mieux les éléments de la biodiversité. Ainsi, l'option de compromis est celle qui minimise les impacts des aménagements sur les espèces et les habitats tout en permettant une utilisation durable des ressources. Toutefois, cette option a des faiblesses sur les critères économiques. Aussi, les recommandations vont dans le sens de l'amélioration du tissu économique par l'augmentation de rendements agricoles et la diversification et l'amélioration des activités pratiquées dans le bassin. Par ailleurs, des propositions d'implémentation formelle des outils d'ÉES et AMCD, sont formulées. Les suggestions vont dans le sens de l'amélioration du cadre institutionnel, législatif et réglementaire permettant d'améliorer la conservation de la biodiversité par la prise en compte et l'intégration des divers enjeux ainsi que de valeurs des toutes les parties prenantes.

La thèse est structurée en trois (3) parties composées chacune de trois (3) chapitres; elles sont précédées d'un avant-propos, d'un résumé et d'une introduction générale. La première partie comporte les chapitres I, II et III. Le chapitre I porte sur la présentation de l'Afrique de l'Ouest en général et en particulier de la République du Niger. Le chapitre II porte sur les aménagements fluviaux et leurs implications pour la biodiversité. Le chapitre III se concentre sur la problématique de la recherche ainsi que les buts et objectifs visés. Il permet de faire le lien entre les activités humaines et la biodiversité démontrant ainsi l'intérêt et la pertinence de la recherche.

La deuxième partie de la thèse est subdivisée en trois chapitres (IV, V et VI) et porte sur le cadrage théorique de l'étude ainsi que l'approche méthodologique. Le chapitre IV porte sur les concepts liés à la biodiversité, ses enjeux, les outils de conservation de la biodiversité et la démonstration de la pertinence d'une approche multicritère pour la gestion de la biodiversité. Le chapitre V présente le cadre théorique de l'évaluation environnementale et de l'AMCD. L'évaluation environnementale portant sur les projets particuliers (ÉIE) et celle portant sur

les politiques, les plans et les programmes (ÉES) y sont analysées. Ensuite, les concepts de base de l'AMCD ainsi que son intérêt pour le traitement des problématiques environnementales, y sont abordés dans un second volet. Le chapitre VI développe la méthodologie générale appliquée au traitement des problématiques environnementales, l'approche et la démarche (préparation, élaboration et simulation du modèle) proposées. La troisième partie compte aussi trois chapitres (VII, VIII et IX) et porte sur les résultats et la discussion. Plus spécifiquement, le chapitre VII synthétise la démarche et le modèle proposé tout en présentant quelques résultats de la préparation du modèle, le chapitre VIII est plus spécifiquement consacré à la structuration du problème multicritère tandis que le chapitre IX présente et discute les résultats liés à l'élaboration du modèle ainsi que des recommandations de la recherche. Enfin, une conclusion générale suivie d'une bibliographie et des annexes termine la thèse.

PREMIÈRE PARTIE

AMÉNAGEMENT DES BASSINS FLUVIAUX ET BIODIVERSITÉ

CHAPITRE I

CONTEXTE DE LA ZONE D'ÉTUDE

Ce chapitre présente les zones d'étude générale de la recherche et d'étude détaillée que sont respectivement l'Afrique de l'Ouest et la République du Niger. Il s'agit essentiellement de porter un regard critique sur l'environnement dans ses dimensions biophysiques mais aussi socio-économiques et culturelles. Ces différents aspects de l'environnement expliquent la situation particulière de la biodiversité et en même temps déterminent les outils et mécanismes de sa gestion dans les bassins fluviaux ouest-africains en général et dans celui du fleuve Niger en particulier.

1.1 Contextes socio-économique et environnemental de l'Afrique de l'ouest

1.1.1 Contexte socio-économique

L'Afrique de l'Ouest compte 17 pays qui occupent environ 7 500 000 Km² de superficie. Elle abrite 39% des populations d'Afrique subsaharienne soit avec le Tchad et le Cameroun, 316 millions d'habitants en 2007 (cf. annexe 1). Cette population dépasserait 400 millions aux alentours de 2020 et 500 millions entre 2030 et 2035 (CEDEAO-CSAO/OCDE, 2007)² en raison des taux de croissance démographique proches de 3% par an qu'enregistre cette région depuis la seconde guerre mondiale (Igué, 2006). De tels taux de croissance créent des besoins qui font pression sur le milieu et qui ont, comme conséquence, une surexploitation des ressources naturelles dans cette région où l'essentiel de la subsistance provient des ressources locales. Ainsi, l'Afrique de l'Ouest a avant tout un problème de développement. Le développement étant la question première qui oblige à traiter celle de la conservation à partir des usages durables de la biodiversité (Levrel, 2006), il nous semble donc nécessaire de regarder le processus de développement en cours en Afrique de l'Ouest.

² L'atlas de l'intégration régionale est une initiative de la CEDEAO et du CSAO / OCDE, financée par les coopérations française, suisse et luxembourgeoise. Classés en quatre séries (population, espace, économie, environnement) en ligne sur le site www.atlas-ouestafrique.org.

Quatre (4) grandes périodes ont marqué l'histoire du développement en Afrique en général (Goïta, 2005). Il s'agit des périodes de :

- 1960 à 1970, dite première décennie du développement proclamée par les Nations Unies (NU) avec la mise en œuvre des grands projets de développement ou «éléphants blancs», tant ils ont été jugés surdimensionnés par rapport aux capacités de reprise des pays bénéficiaires;
- 1970 à 1980, deuxième décennie du développement et début de l'ère de la reconnaissance de la satisfaction des besoins fondamentaux. La fin de cette décennie marque aussi le début de la crise de l'endettement;
- 1980 à 1990, crise de l'endettement et mise en œuvre des programmes d'ajustement structurel (PAS). C'était une période de prolifération des ONG de développement pour tenter de prendre en charge les actions jadis entreprises par les États;
- 1990 à nos jours, renforcement de l'idéologie de la globalisation de l'économie et apparition des mouvements sociaux au Sud et au Nord pour proposer une autre forme de mondialisation.

Avant ces périodes, on peut rappeler aussi la période coloniale qui s'étend des années 1800 aux années 1960. Chaque période détermine une vision du développement et des moyens mis en œuvre pour y parvenir. Le développement dont il est question traduit une aspiration au modèle de consommation occidentale et que Bergeron (1992) appelle de *l'anti-développement*. Il n'est donc pas nécessairement en adéquation avec le développement durable, concept défini en 1987 par la commission mondiale sur l'environnement et le développement dans le Rapport Brundtland par «un développement qui répond aux besoins des générations du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs» (NU, 1987) et qui est l'aboutissement de plusieurs réflexions internationales.

Ainsi, après l'adoption aux États-Unis en 1969, du *National Environment Policy Act* (NEPA) ou loi sur la politique nationale de l'environnement (LPNE), plusieurs réflexions sont menées et qui montrent à l'évidence l'élargissement des préoccupations concernant l'environnement et le développement. Ce sont entre autres la conférence des Nations-Unies sur l'Environnement humain en 1972 avec la création du PNUE; la publication de la Stratégie mondiale de la conservation en 1980; le Rapport Brundtland en avril 1987; en 1992, la tenue du quatrième congrès mondial sur les parcs nationaux et aires protégées à Caracas (Venezuela) et l'adoption le 9 mai de la Convention sur la biodiversité. En 2002 s'est tenue à Johannesburg (Afrique du Sud) la conférence des Nations Unies sur le Développement durable qui est suivie de la conférence dite *Rio + 20*, tenue au Brésil en juin 2012.

Ces conférences embrassent une vision de développement durable par l'utilisation judicieuse des ressources de la biodiversité permettant d'améliorer le niveau de vie sans en dégrader la qualité. Il s'agit dans le cas ouest-africain d'une rupture avec les pratiques ayant prévalu depuis la révolution industrielle et dans certains cas jusqu'aux années 80. En effet, en Afrique, durant les 3 premières périodes précitées, l'exploitation des ressources se faisait sans regard pour la capacité des milieux productifs. C'est principalement sous l'impulsion des bailleurs de fonds que les approches de développement commencent à évoluer vers la fin des années 90. Aussi, nos analyses seront menées par la suite en se positionnant par rapport à la prise en compte de la biodiversité au niveau international.

1.1.2 Contexte environnemental de l'Afrique de l'Ouest

Depuis les années 70, l'environnement de la région ouest-africaine subissent des menaces croissantes. En effet, les politiques de réduction de la pauvreté priorisées par les gouvernements entraînent l'épuisement progressif des ressources, compromettant la croissance économique actuelle et future (N'Dah, 2002). On est donc dans un cercle vicieux où la pauvreté pousse à une surexploitation des ressources naturelles, entraînant ainsi une exacerbation de la pauvreté au lieu de son éradication. C'est dans ce contexte qu'il faut placer certaines formes d'aménagements de bassins fluviaux qui ont pour objectifs de faire sortir les pays du "sous-développement". L'Afrique de l'Ouest est aussi confrontée aux aléas du climat. Une rupture des séries pluviométriques est observée autour des années 1968-1972 avec une variation concomitante des débits moyens annuels pour la plupart des fleuves. Dans certains cas, la baisse des écoulements est même plus importante que celle des pluies ; allant jusqu'à moins 30 % pour le Sénégal et à au moins 60 % pour le Niger (CEDEAO-CSAO/OCDE, 2007). Face à cette dégradation du contexte hydro climatique, la construction de barrages s'est imposée comme une solution logique. Cela entraîne des impacts multiformes (voir chapitre II). L'Afrique de l'Ouest réunit ainsi tous les facteurs en cause dans la perte de biodiversité (voir chapitre III).

1.2 Bassins fluviaux de l'Afrique de l'Ouest

L'Afrique de l'Ouest compte 28 bassins fluviaux transfrontaliers. Les plus importants sont le bassin du fleuve Niger (partagé entre 11 pays si l'on prend en compte la partie non active du

bassin), le Sénégal (4 pays), la Volta (6 pays), le lac Tchad (8 pays), la Comoé (4 pays) (cf. figure 1.1). Les principaux cours d'eau (Niger, Sénégal, Gambie, réseau du lac Tchad) prennent leur source dans des régions bien arrosées avant de traverser les zones sahéliennes où les déficits pluviométriques sont chroniques depuis le début des années 1970 (CEDEAO-CSAO/OCDE, 2007). La région ne manque donc pas d'eau, mais celle-ci n'est pas bien valorisée. Ainsi, sur les 75,5 millions d'hectares de terres arables de l'Afrique de l'Ouest, seul 1,2 % (917 000 ha) est aménagé pour l'irrigation et 0,8 % (635 000 ha) effectivement exploité du fait d'une faible valorisation des ressources en eau.

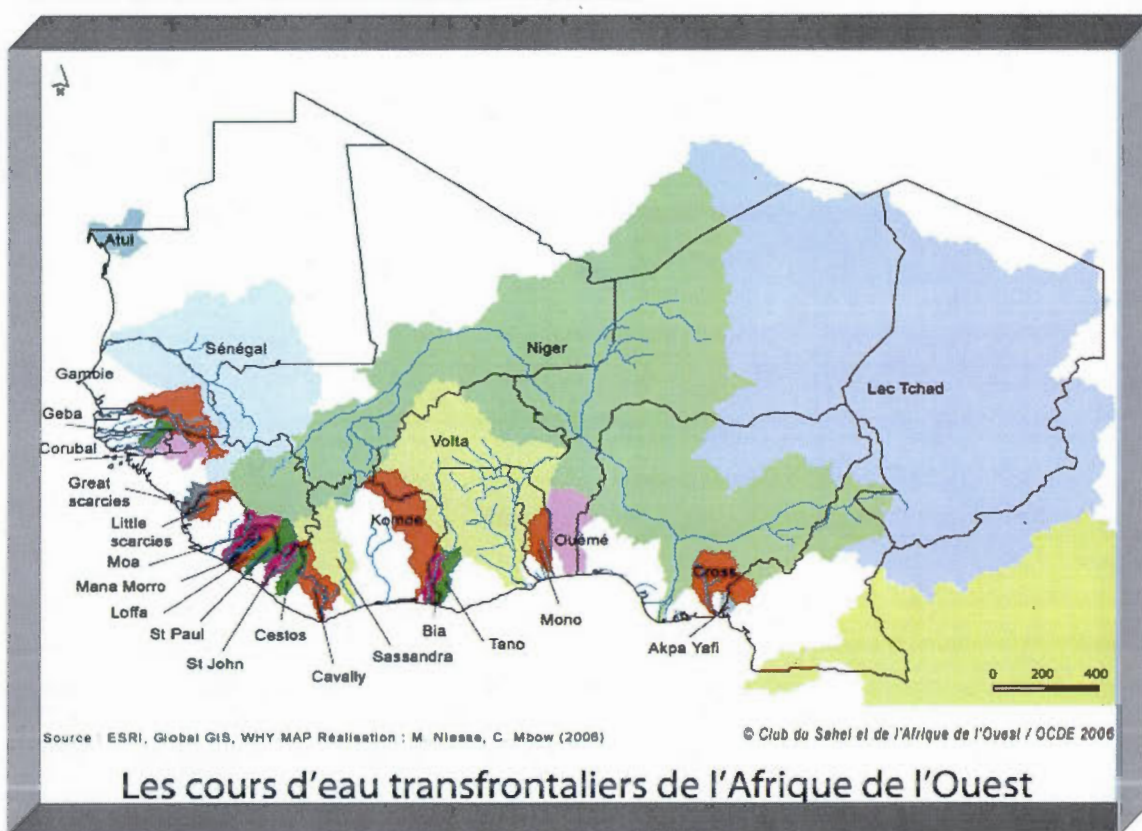


Figure 1.1 Cours d'eau transfrontaliers de l'Afrique de l'Ouest.

Il y a aujourd'hui un peu moins de 150 grands barrages en Afrique de l'Ouest (CEDEAO-CSAO/OCDE, 2007) (figure 1.2) contre 110 en 2000, et dont les fonctions sont surtout l'irrigation et la production d'énergie (WWV/GWP, 2000). Depuis cette date, plusieurs autres barrages sont en projet (figure 1.3) dont celui de Kandadji qui nous intéresse dans cette étude et sur lequel nous reviendrons au chapitre VIII.

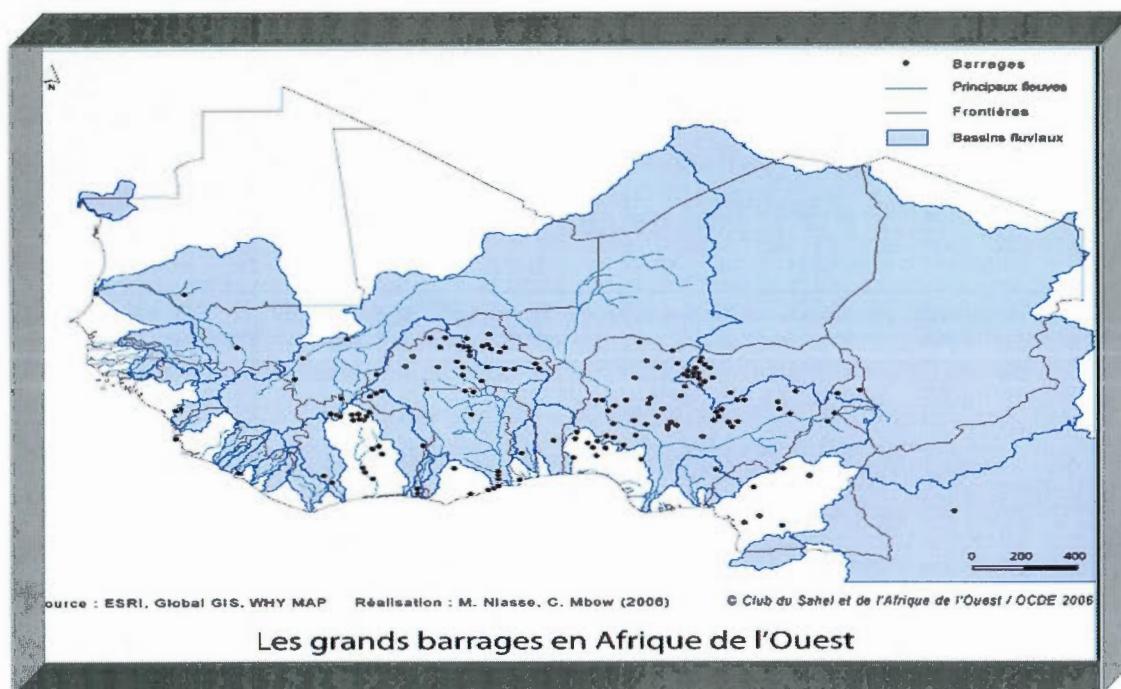


Figure 1.2 Principaux grands barrages des bassins de l'Afrique de l'Ouest.

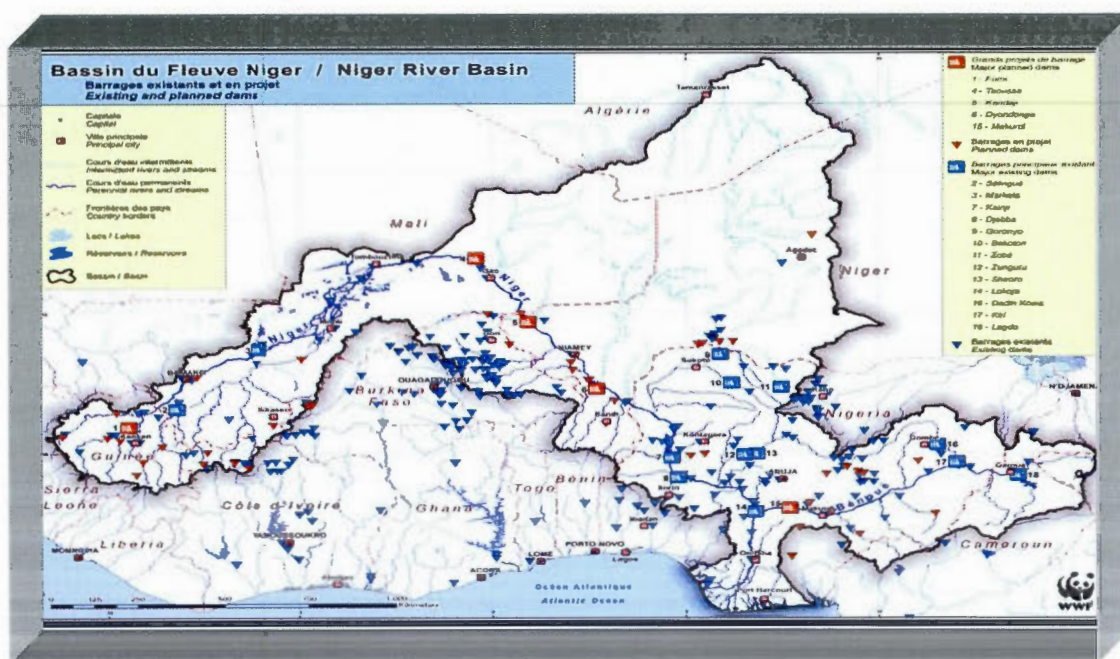


Figure 1.3 Principaux barrages et projets de barrage dans le bassin du Niger.

Le tableau 1.1 ci-dessous donne une description succincte de trois principaux bassins de l'Afrique de l'Ouest tandis que l'annexe 2 donne des détails sur leurs caractéristiques et les mesures de prise en compte de la biodiversité lors de leur mise en valeur.

Tableau 1.1 Caractéristiques des fleuves Niger, Sénégal et Gambie

	Niger	Sénégal	Gambie
Caractéristiques par bassin	<ul style="list-style-type: none"> • 3^{ème} fleuve d'Afrique, • Long. 4 200 km, • Bassin actif : 1,5 millions de km². • Plusieurs décennies d'aménagement 	<ul style="list-style-type: none"> • Long : 1800 km • Bassin actif : 345 000 km². • Plusieurs décennies d'aménagement 	<ul style="list-style-type: none"> • Long : 1000km • Bassin actif : 77 054 km² • Pas encore d'aménagements majeurs
Caractéristiques communes	Prennent leurs sources dans le massif du Fouta Djallon en Guinée. Représentent une part importante de la superficie des pays de l'Afrique de l'Ouest et regroupent un cinquième des 200 millions d'habitants de cette sous-région. Ces pays sont parmi les plus pauvres du monde, avec un taux de croissance démographique variant de 2,4 % à 3,6%.		
Pays concernés par le bassin actif	9 pays: Bénin, Burkina Faso, Cameroun, Côte d'Ivoire, la Guinée, Mali, Niger, Nigeria et Tchad, regroupés au sein de l'ABN.	4 pays: Guinée, Mali, Mauritanie, Sénégal regroupés au sein de l'OMVS	4 pays: Sénégal, Gambie, Guinée et Guinée-Bissau regroupés au sein de l'OMVG.
Principaux Enjeux	<ul style="list-style-type: none"> • Réduction du volume et de la durée des crues annuelles (risque d'arrêt des écoulements, ensablement); • Dégradation des terres et des eaux (perte de fertilité des sols); • Dégradation des milieux humides, de la biodiversité, des ressources biologiques et physiques ; • Paupérisation des populations ; • Prolifération d'espèces envahissantes (jacinthe d'eau, <i>typha</i>, etc.) ; • Menace des changements climatiques; • Etc. 		

Sources: Andersen et al. (2006), Oumarou et Rouscoua (2001); Awaïss (2003); Niasse et Lamizana, (2002) ; CEDEAO-CSAO/OCDE (2007); Burton et Egli (2002), ABN (2005) ; SOE-OMVS, 2007 ; Diop, 1995, Maïga, 1995, Diemer et Laan (1987) ; Seck (1991); Crousse et al. (1991), OMVG (2006); OMVG (2007).

Les deux premiers bassins sont le berceau des grands royaumes et empires ouest-africains du moyen âge comme l'empire du Ghana (IIIème -Xème siècles après JC) (Maïga, 1995). Selon cet auteur, à cette époque, les besoins économiques et sociaux spécifiques de ces sociétés étaient satisfaits et en parfaite harmonie avec leur environnement naturel. Des déséquilibres

écologiques qui pouvaient se produire dans des espaces relativement restreints étaient toujours ramenés à des proportions socialement maîtrisables. Alors qu'est ce qui a changé? Depuis la période coloniale, la région est profondément marquée par les sociétés d'aménagements. La France, puissance coloniale, a soutenu avec détermination les aménagements (Devèze, 2003) dans la vallée du fleuve Sénégal. L'aménagement de cette vallée a commencé avec les études effectuées entre 1925 et 1930 par l'union hydroélectrique africaine créée par le gouverneur général de l'Afrique occidentale française (AOF) (Maïga, 1995). Mais, c'est surtout entre 1934 et 1960 que des aménagements à grande échelle sont réalisés avec 40 000 ha par l'Office du Niger au Mali (Devèze, 2003). Par la suite, d'autres aménagements ont suivi dans un souci d'assurer officiellement l'autosuffisance alimentaire des pays nouvellement indépendants mais avec probablement une logique d'économie marchande. Les barrages de Manantali et Diama à partir de 1982, dans la vallée du Sénégal, ont entretenu le besoin de nouveaux aménagements par la modification de la circulation de l'eau et de l'accès aux terres pour la riziculture (Barreteau, 1998). Ces barrages demandent, de l'avis de l'auteur, une exploitation plus intensive de l'eau pour être "rentabilisés". Cela laisse évidemment en second plan la préservation des fonctions écologiques des bassins aménagés (voir annexe 3).

Ainsi, les trois bassins ont des défis communs en lien avec les aléas climatiques et les activités anthropiques entraînant la dégradation de la biodiversité (pour les liens entres activités anthropiques et état de la biodiversité, voir chapitre III). C'est ainsi, que les différents organismes de bassin, s'efforcent de mettre en place des plateformes communes pour une gestion plus durable de ces écosystèmes.

A cet effet, la gestion intégrée des ressources en eau (GIRE) est aujourd'hui unanimement admise au niveau des organismes et des pays membres des bassins ouest-africains. Par exemple, l'ABN (2005, p 1) estime que :

«la gestion coordonnée et coopérative des ressources en eau peut agir en tant que catalyseur de l'intégration régionale, tant au niveau politique qu'économique, et offrir des avantages beaucoup plus considérables que ceux liés directement à l'existence du fleuve Niger lui-même».

La GIRE est un processus qui favorise le développement et la gestion coordonnés de l'eau, des terres et des ressources connexes, en vue de maximiser, de manière équitable, le bien-être économique et social en résultant, sans pour autant compromettre la pérennité d'écosystèmes vitaux (Partenariat mondial pour l'eau/Comité technique consultatif, 2000). La GIRE intègre ainsi des préoccupations liées à la pérennité et donc à une gestion efficiente des écosystèmes fluviaux et ainsi des espèces. Ce concept soulève des interrogations quant à l'échelle territoriale d'intervention pour un grand bassin hydrologique. En effet, les bassins fluviaux étudiés transcendent les frontières de plusieurs États. Dans le cas du fleuve Niger par exemple, son bassin théorique s'étend jusqu'à l'Algérie au Nord (ce qui inclut des zones désertiques et le débordement sur des frontières de pays). Ainsi, le ciblage et la délimitation de l'échelle territoriale pertinente deviennent importants. Ces choix obligent à considérer la GIRE comme une condition nécessaire mais pas suffisante pour une gestion efficiente de la biodiversité dans les bassins fluviaux.

1.3 Contextes socioéconomique et environnemental de la République du Niger

Cette partie vise à donner un portrait global du Niger et est basée, sauf indication contraire, sur les données de l'institut de la statistique du Niger, référencées, *République du Niger* (2010). Elle fait état des données pas toujours à jour mais, complétées chaque fois que disponibles par des sources complémentaires.

Le Niger, vaste de 1 267 000 km², est un pays totalement enclavé en Afrique de l'Ouest, sa frontière la plus proche du littoral est à 600 km du golfe de Guinée. Il se situe entre les longitudes 0° 16' et 16° Est, et les latitudes 11° 01' et 23° 17' Nord, ce qui classe en désert chaud les trois quarts (3/4) du pays en zone septentrionale (figure 1.4). Il est frontalier avec l'Algérie et la Libye au Nord, le Tchad à l'Est, le Nigeria et le Bénin au Sud, le Burkina Faso et le Mali à l'Ouest. Cette situation géographique influence négativement le développement du Niger puisqu'elle est peu propice aux activités agro-sylvo-pastorales qui sont la base de son économie (voir section 1.3.1). Ainsi, moins de 500 000 km² du Niger sont habitables et on observe donc des densités variant de 14 à 120 hab. /km² selon la zone de résidence (Harouna et al., 2007). La région du fleuve Niger, compte parmi les zones les plus peuplées, ce qui crée une pression sur les ressources naturelles.

1.3.1 Contexte socio-économique du Niger

Le contexte socio-économique porte essentiellement sur les aspects démographiques ainsi que sur les activités économiques.

1.3.1.1 Population

La population nigérienne se caractérise fondamentalement par son évolution rapide avec un taux de croissance de 3,3% par an (République du Niger, 2002; République du Niger, 2010). Le Niger compte ainsi 15 203 822 d'habitants en 2010 avec près de 80% (12 099 248 hab.) vivant en milieu rural. L'évolution rapide de la population crée sans cesse de nouveaux besoins à satisfaire alors que la croissance de la production tend à diminuer au point où la pauvreté s'est généralisée dans le pays. Le produit intérieur brut (PIB) par habitant est d'environ 230 \$ US en 2003. Ce qui est très faible comparativement à la moyenne de la sous-région (Afrique de l'Ouest) qui est de 375 \$US (République du Niger, 2006). Cette situation contribue à la dégradation de l'environnement avec une économie essentiellement rurale qui crée une pression accrue sur les ressources naturelles qui ne cessent de se dégrader.

1.3.1.2 Activités économiques

Les activités économiques sont regroupées par secteurs et ne sont pas détaillées pour tout le Niger. Nous nous focaliserons par la suite sur la région du fleuve, à la section 1.3.3.

L'économie nigérienne est dominée par le secteur primaire qui occupe 80 % de la population active et contribue pour environ 40% à au PIB (République du Niger, 2003) pour se situer à 49,8% en 2010 (République du Niger, 2010). Ce secteur est dominé principalement par l'agriculture et l'élevage (CNEDD, 2002). D'autres sous-secteurs comme la pêche, la foresterie et la chasse y contribuent dans une moindre mesure. Ces sous-secteurs connaissent des difficultés liées selon le cas aux contraintes climatiques relevées à la section 1.3.2, à la pression démographique entraînant une diminution et un morcèlement des espaces exploités, une surexploitation des ressources ligneuses accentuant le processus de désertification (République du Niger, 2002). En effet, 87 % des besoins énergétiques sont tirés des forêts (CNEDD, 1998) ce qui représente 4 212 000 tonnes de bois en 2009.

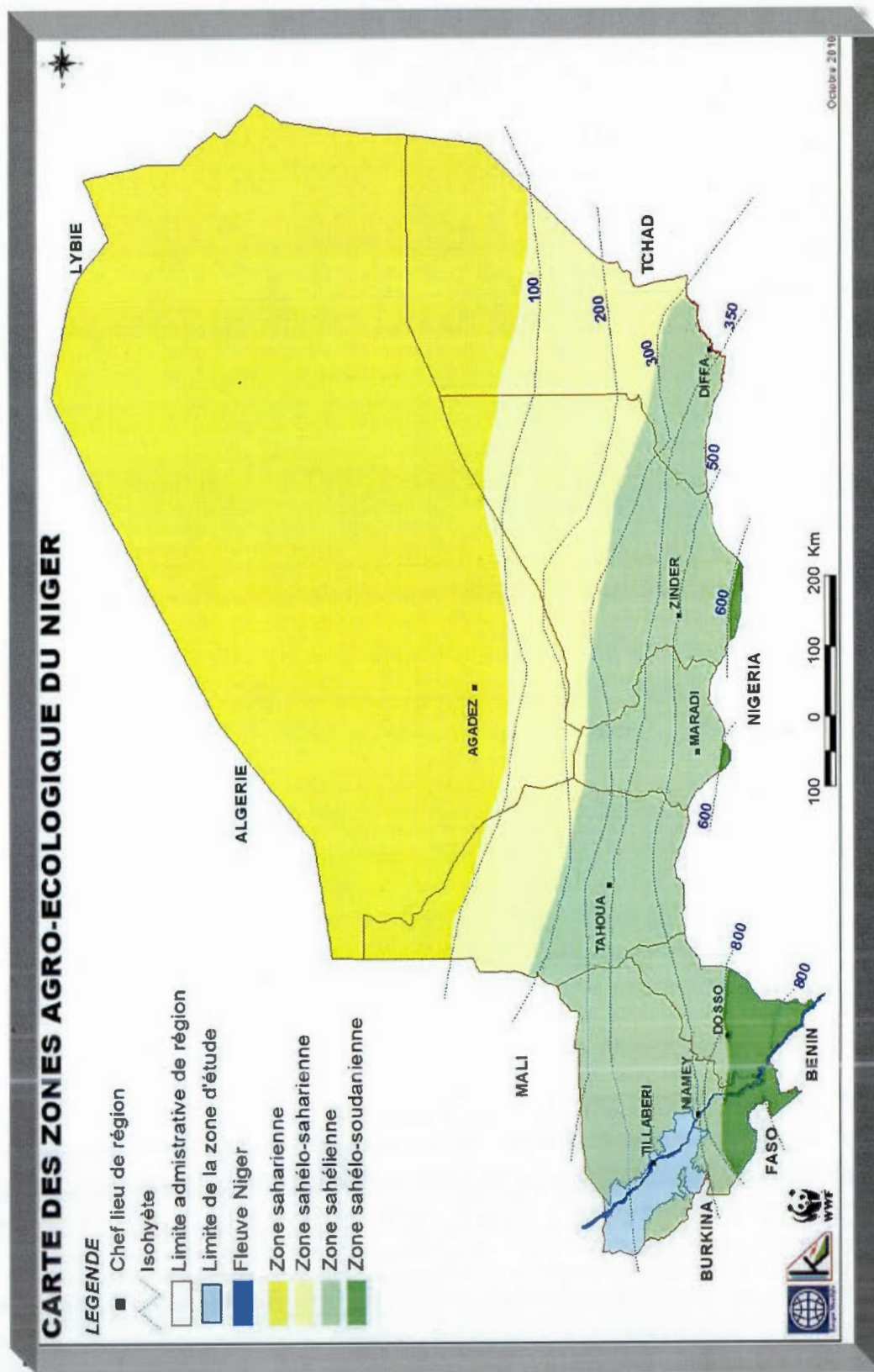


Figure 1.4 Zones agro-écologiques du Niger.

Les secteurs secondaire et tertiaire contribuent respectivement pour 11,5% et 45,2% du PIB. Ces secteurs se caractérisent surtout par des activités informelles et les données doivent être considérées avec prudence. Il faut quand même relever une baisse de la contribution du secteur secondaire par rapport aux années antérieures car sa part s'était stabilisée à 15 % depuis 1997. Par hypothèse, cette faible performance pourrait s'expliquer par la chute du cours de l'uranium, principal produit minier d'exportation du pays.

Ces deux secteurs devraient bénéficier directement de la production pétrolière du Niger débutée en janvier 2012. En effet, la production de 20 000 barils/jour pour des besoins de 7000 barils/jour, offrent un surplus de produits pétroliers permettant d'améliorer le bilan énergétique du Niger jusque-là dominé par le bois-énergie. Cela permettra ainsi de réduire la pression sur les ressources ligneuses.

Le Niger reste un pays très fragile et vulnérable du fait que son économie et le bien-être de sa population sont liés à l'exploitation de la diversité biologique (CNEDD, 2009b) qui est la base des activités économiques.

1.3.2 Contexte environnemental du Niger

1.3.2.1 *Caractéristiques climatiques*

La pluviosité constitue l'élément déterminant du climat. Au Niger, les pluies, généralement orageuses et par conséquent fortement érosives, varient aussi bien dans l'espace que dans le temps et diminuent suivant un gradient décroissant du sud-ouest au nord-est (voir figure 1.4). Il a été observé, depuis 1968, un décalage des isohyètes vers le sud sur une distance de 75 à 100 km selon les régions. Cela a favorisé l'extension des zones désertiques dont la proportion est passée de 66 à 77 % environ du territoire national (Kimba, 2001).

Les caractéristiques climatiques ont conduit à la subdivision du pays en quatre zones agro-climatiques. On distingue selon le CNEDD (2002a) du Nord au Sud :

- la zone saharienne (0 à moins de 150 mm par an) qui couvre 77% du pays;
- la zone sahélo-saharienne (150 à 350 mm par an) qui représente 12% de la superficie du pays et est adaptée à l'élevage transhumant;
- la zone sahélienne (350 à 600 mm par an) couvre 10 % du pays et se caractérise par l'agro-pastoralisme;

- la zone sahélo-soudanienne qui représente environ 1 % de la superficie totale du pays et reçoit 600 à 800 mm de pluie par an au cours des années normales; elle est propice à la production agricole et animale.

Toutefois, cette subdivision n'est pas statique du fait de la variation spatio-temporelle des pluies qui expliquent les variations des graduations des isohyètes de la figure 1.4 qui datent de 2010 par rapport à la situation de 2002.

1.3.2.2 Caractéristiques biophysiques

a. Sols

La formation des sols dépend principalement du climat, de la géologie et de l'hydrologie. Les sols sont en général sablonneux ou argilo-sablonneux et pauvres en matières organiques. Selon la SEDES (1987), source la plus récente à ce sujet, la superficie potentiellement cultivable du Niger est estimée à 15 millions d'hectares, soit moins de 12 % de la superficie totale du pays. De même 80 à 85 % des sols cultivables sont dunaires et seulement 15 à 20 % sont des sols hydromorphes moyennement argileux. Ces sols peu productifs et fragiles sont très sensibles à l'érosion hydrique et éolienne. La plupart des sols exploités souffrent d'une carence sévère en phosphore (Bationo, 1991). Le potentiel en terres irrigables est estimé à 270 000 ha, soit 4% de la superficie totale, dont 140 000 ha sont situés dans la vallée du fleuve Niger (CNEDD, 2002).

b. Végétation, faune et écosystèmes

Les ressources biologiques sont peu connues et surtout moins détaillées selon les différentes zones du Niger. Ainsi, le quatrième rapport national sur la diversité biologique au Niger publié en février 2009 (CNEDD, 2009), se base en partie sur un inventaire réalisé en 1998! Il a été relevé que le Niger dispose d'une grande richesse floristique et faunistique ainsi que de nombreux écosystèmes terrestres, aquatiques et semi-aquatiques. Ainsi, on dénombre selon Saadou (1998):

- 2 124 espèces végétales parmi lesquelles celles du groupe des angiospermes qui est le mieux exploré compte 1 460 espèces, dont 444 espèces de la classe des monocotylédones et 1 016 de la classe des dicotylédones; on connaît également 536 espèces d'algues ; ce groupe est dominé par les *Cyanophycées*, les *Diatomophycées* et les *Euchlorophycées*;

- 3 200 espèces animales parmi lesquelles les insectes occupent la première place au plan numérique avec 2021 espèces soit 63% des espèces; parmi ces insectes, l'ordre des coléoptères comprend à lui seul 1 112 espèces soit 55% des espèces.

Ces espèces, comme plusieurs espèces fauniques sauvages et domestiques sont localisées au niveau de divers écosystèmes (CNEDD, 2009). Ce sont:

- les écosystèmes terrestres qui comprennent des :
 - ✓ formations naturelles (écosystèmes forestiers, de savane ainsi que steppiques de plaine et de montagne).
 - ✓ agrosystèmes sous pluies;
- les écosystèmes aquatiques et semi-aquatiques formés des :
 - ✓ formations aquatiques naturelles (fleuve Niger, les lacs, les dallols et cuvettes, les rivières, les gueltas, les systèmes oasiens). Elles sont caractérisées par des prairies avec des groupements communs à *Nymphaea lotus*, *Echinochloa stagnina* et *Mitragyna inermis* et aussi des algues. Elles abritent également près de 100 espèces de poissons, des oiseaux d'eau, des reptiles (crocodiles, lézards), des hippopotames, des lamantins, etc.
 - ✓ agrosystèmes aquatiques tels que les aménagements hydro-agricoles les jardins de plaines et les aménagements traditionnels. Dans ces milieux, la végétation naturelle est plus souvent remplacée par des espèces sélectionnées cultivées (riz, maïs, blé, tomate, poivron, oignon, agrumes, canne à sucre, etc.).

c. Ressources en eau

Les eaux de surface localisées pour l'essentiel dans la frange sud proviennent en grande partie des apports extérieurs. Le réseau hydrographique se résume au fleuve Niger (moyen Niger), à la Komadougou Yobé et à des vallées plus ou moins fertiles des dallols Bosso et Maouri, la Magia, le Goulbi de Maradi, et les Koromas (figure 1.5). Le total des ressources renouvelables en eau du pays se chiffre à 32,5 km³/an, dont l'essentiel (28,5 km³/an) est apporté par le fleuve Niger. Sur ces volumes, seule une fraction d'environ 0,5 km³ d'eau est prélevée chaque année, dont 0,2 km³ /an au niveau du fleuve (Gallner et Bruner, 2006). De ce volume, 68% du flux total est allogène, ce qui classe le Niger comme 13^{ème} pays au monde dépendant de l'extérieur pour ses besoins en eau (Mutin, 2000). Mais de fait, seul 1% de ce potentiel est mobilisé (Oumarou et Rouscoua, 2001) pour satisfaire les besoins en eau des populations et ceux du bétail, des unités industrielles et de l'irrigation.

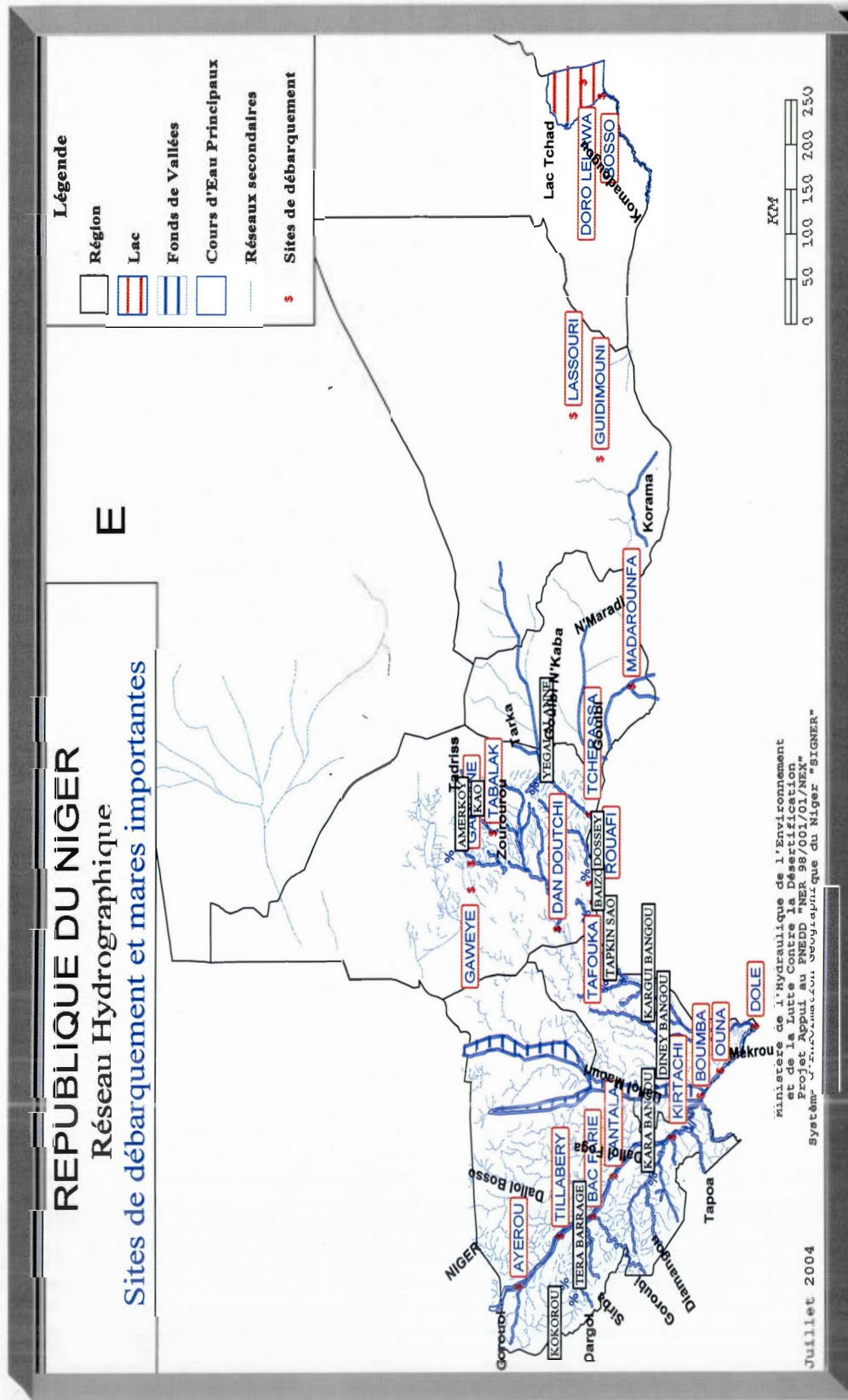


Figure 1.5 Carte du réseau hydrographique du Niger.

Les eaux souterraines sont constituées de nappes alluviales et d'aquifères discontinus (renouvelables) (2,5 milliards de m³) ainsi que d'aquifères généralisés, qui constituent des réserves considérables, mais non renouvelables (2 milliards de m³) (Gallner et Bruner, 2006). Aussi, le problème de l'eau au Niger se pose beaucoup plus en termes d'accessibilité que de disponibilité de la ressource.

Il faut relever que ces données ne traduisent que l'état des connaissances sur la biodiversité du Niger. Mais, dans le cadre de cette étude, c'est surtout la biodiversité des bassins hydrographiques, en particulier celui du fleuve Niger qui nous intéressent.

1.3.3 Fleuve Niger au Niger: potentialités et contraintes

Le fleuve Niger est le troisième plus long fleuve d'Afrique (4 200 km) et le quatorzième du monde, le 9ème par son bassin de drainage (2 170 500 km² dont 1 500 000 km² de bassin actif) (ABN et al, 2006) Il prend sa source en Guinée forestière à 800 m d'altitude et à 250 Km de l'océan dans une zone où les précipitations annuelles moyennes sont supérieures à 2 000 mm (Nikiema et Fall, 1994). Après Ségou au Mali, le fleuve se ramifie et forme un delta de plusieurs millions de km². En aval de ce delta, il atteint son point le plus septentrional où les précipitations ne dépassent guère 300 mm. Après avoir drainé un bassin versant de 1,5 millions de km², il atteint la mer à travers un delta au Nigeria (ABN, 1980). Le fleuve Niger se subdivise ainsi en quatre sous bassins (figure 1.6). Selon Burton et Egli (2002), 110 millions de personnes vivent sur ses rives de l'agriculture, de l'élevage, de la pêche, de la navigation. Il est prévu que la population atteindra 200 millions en 2020.

Le bief moyen qui traverse la république du Niger, s'étend sur 550 km en bordure sud-ouest du pays (Gallner et Bruner, 2006). Il couvre environ 6 000 km², soit 0,5 % de la superficie totale du pays (Nikiema et Fall, 1994). Sa largeur varie de 300 à 1000 m. A Niamey, son débit peut atteindre 1700 m³/s en période de crue (décembre-janvier) mais il peut aussi se réduire à une centaine de m³/s en période d'étiage (Juin) (République du Niger, 2005a). De par ses potentialités, cette partie du Niger concentre diverses activités agro sylvo pastorales ayant d'importantes répercussions sur la biodiversité du milieu.

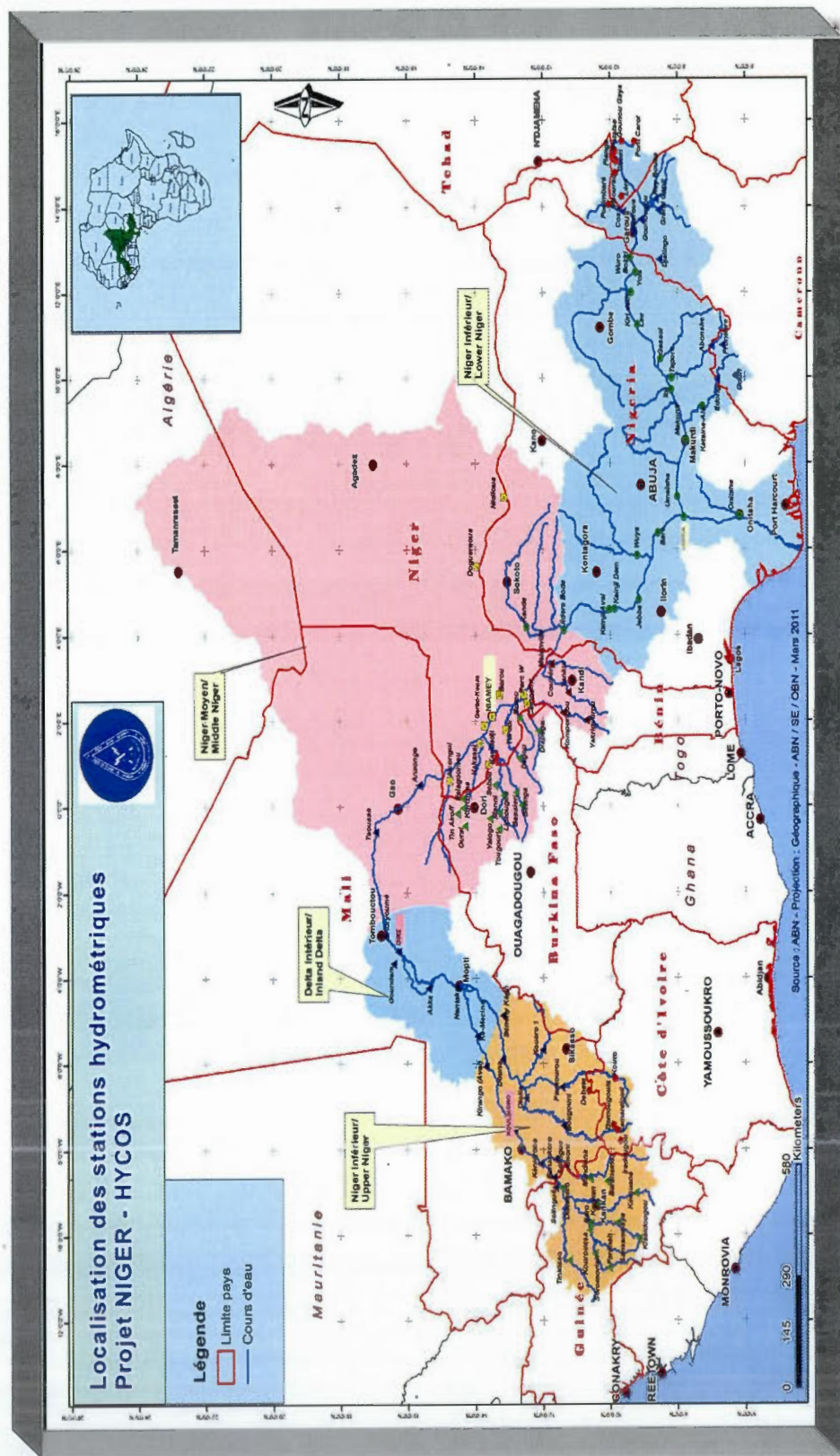


Figure 1.6 Subdivision du bassin du fleuve Niger.

Source ABN (2012).

1.3.3.1 Peuplement

La région du fleuve abrite plusieurs groupes ethniques exerçant des activités en lien direct avec l'écosystème fluvial. Ainsi, selon De Sardan (1969) la région comprise entre la frontière du Mali et la ville de Say est habitée par des populations *Songhai-Zarma*. Les îles sont occupées par les sous groupes *Wogo* et *Kourtheye*, insulaires riziculteurs et le sous groupe *Kado* occupe les deux rives. Entre Say et Boumba, sont établies des populations *Zarma* et *Peulh*, pratiquant l'agriculture, l'élevage et la pêche et dans une moindre mesure la chasse. Après Boumba, on retrouve le sous-groupe *Dendi* qui s'est juxtaposé aux *Haoussas* venus du Nigeria et les *Bariba* venus du Bénin. Enfin, de la frontière du Mali en amont, à celle du Bénin en aval, on retrouve des *Sorkawa*, pêcheurs itinérants venus du Nigeria. Bien entendu, cette subdivision est aujourd'hui remise en cause du fait du brassage ethnique d'une part et de la mobilité des populations et les changements d'activité dictés par l'état de ressources naturelles d'autre part. Aussi, le trait le plus important à retenir à ce niveau est une forte concentration humaine en comparaison de la moyenne nationale, du fait de la relative richesse biologique de la zone du fleuve. De même, aucune ethnie ne pratique exclusivement une seule activité contrairement aux pratiques antérieures aux années 60.

1.3.3.2 Biodiversité

La biodiversité comprend trois (3) niveaux d'organisation (voir chapitre IV, section 4.1) mais dans cette section, en cohérence avec la méthodologie adoptée au chapitre VI, nous nous focalisons plus spécifiquement sur quelques espèces localement abondantes et d'habitats particuliers ou importants pour les populations. Ces éléments sont fauniques y compris ichtyofauniques, floristiques et écosystémiques. Aussi, le lecteur intéressé à une description plus exhaustive de la biodiversité du Niger moyen peut se référer aux inventaires réalisés par Tecsalt (2006a) dans le cadre de l'étude d'impact environnementale et sociale du barrage de Kandadji.

Le bassin du fleuve Niger est le carrefour d'une biodiversité remarquable et constitue la colonne vertébrale de l'économie ouest africaine, et fut le berceau de grandes civilisations d'agriculteurs, de pêcheurs et éleveurs de bétail (ABN, 2007a). En effet, la vallée du fleuve Niger sert d'habitat à plus de 130 espèces aquatiques dont des poissons, des hippopotames,

des lamantins, etc. (voir chapitre III, section 3.2.1). En outre, une importante biomasse végétale créée par l'étendue des zones humides constitue un réservoir unique de biodiversité et une barrière contre l'avancée du désert (ABN, 2002).

Au Niger, près de 80% de la biodiversité ainsi que la plupart des écosystèmes restés encore à l'état naturel et jouant un rôle important dans le maintien de la biodiversité se trouvent dans la portion nationale du bassin (ABN, 2007a). Ainsi, parmi les 127 espèces de mammifères, 500 espèces d'oiseaux et 11 500 espèces de plantes existantes au Niger, de nombreuses se trouvent dans la région du fleuve dont certaines sont même endémiques (Oumarou et Rouscoua, 2001). Le fleuve inonde tout au long de son parcours plusieurs plaines³, qui même en régression, sont relativement riches sur le plan écologique, avec une abondance de la faune et de la flore.

Parmi les plaines d'inondation de la portion nigérienne du fleuve, on compte deux petites zones inondables de faible importance en amont de Gothèye (13°-52' Nord/1°-35' Est). Elles ont respectivement 12 km et 5 km de long mais aucune ne dépasse 1 km de large (Hughes et Hughes, 1992). Entre 12°-03' Nord et 12°-15' Nord, le fleuve est peu profond, large (1,5 km) et accompagné d'une plaine d'inondation sur 33 km. Enfin une plaine d'inondation est présente en aval de Gaya (11°-53'/3°27' Est). Elle naît à la confluence du Niger et du Dallol Maouri et remonte la vallée de ce dernier sur plusieurs kilomètres (*Ibid.*). Ces plaines sont recouvertes de sédiments déversés par le fleuve en crue qui se répand dans son lit majeur et qui enrichit le sol. Pour toutes ces raisons, ces zones sont fortement sollicitées par divers utilisateurs (Brouwer et Mullié, 1994) qui y mènent diverses activités abordées plus loin.

Parmi les espèces fauniques, on peut citer le lamantin (*Trichechus senegalensis*), la grue couronnée (*Balearica pavonina*), le crocodile du Nil (*Crocodylus niloticus*), l'hippopotame (*Hippopotamus amphibius*), la loutre à cou tacheté (*Lutra maculicollis*) ou celle à joue blanche (*Aonyx capensis*). Dans la suite de l'étude, une attention particulière sera portée aux espèces de poissons qui permettent d'évaluer l'impact des aménagements sur la biodiversité. Ainsi les ressources halieutiques portent sur 98 espèces réparties en 22 familles (Coenen,

³ La plaine d'inondation est une surface de terrain, relativement en contrebas, saisonnièrement noyée par le débordement d'un cours d'eau, d'un lac ou d'un marais adjacent (Welcomme, 1975).

1987). Daget (1962) et Bacalbasa (1971) ont recensé respectivement 84 et 74 espèces, lesquelles correspondent presque parfaitement à celles observées par Coenen en 1987. Cette similitude entre un inventaire des années de sécheresse et un inventaire d'espèces des années «normales», laisse croire que les conditions de sécheresse agissant sur le fleuve ne font pas disparaître certaines espèces, quoique plusieurs d'entre elles soient devenues rares, surtout celles qui dépendent principalement pour leur recrutement et croissance des plaines inondées (Cissé, 1998). Des espèces comme *Lates niloticus*, *Gymnarchus niloticus*, *Heterotis niloticus*, *Parachanna obscura* et *Citharidium ansorgi* sont devenues rares, tandis que d'autres comme *Nannocharax occidentalis*, *Phago loricatus*, *Sierrathrissa leonensis*, *Pellonula vorax*, ont tout simplement disparues à cause de la baisse des hauteurs d'eau consécutive aux conditions de sécheresse (HCBK, 2001).

1.3.3.3 Activités menées dans le bassin du fleuve Niger au Niger

La pêche fut, bien avant l'agriculture et au même titre que la cueillette, l'une des premières manifestations de l'exploitation de la nature par l'Homme (Dejoux, 1988). La diversité biologique liée en partie à l'hydrographie qui est en fait le facteur déterminant de la formation et de la préservation des plaines inondables du fleuve, a suscité la mise en place d'autres systèmes de productions. Sur le Niger moyen, les principales activités pratiquées sont l'agriculture, l'élevage, la pêche et tout récemment la pisciculture.

a. Agriculture

Au Niger, comme partout en région sahélienne, le système d'agriculture qui consiste en l'utilisation des eaux de crue et de décrue était jusqu'aux années 1960 le pilier de l'économie agricole de la région du fleuve. Ce type d'agriculture est en harmonie avec le système naturel car elle ne nécessite pas de consommation d'énergie et d'intrants importés et maintient par ailleurs les valeurs socioculturelles traditionnelles (Sally, 1999).

Mais, dans le cadre de la lutte contre l'insécurité alimentaire, l'État du Niger avait promu une politique d'aménagement pour une production plus intensive. Ainsi jusqu'en 1968, les aménagements hydro-agricoles (AHA) portaient sur de petites unités de type cuvette dans la vallée, avec maîtrise partielle de l'eau. À partir de 1980, l'office national des aménagements

hydro-agricoles (ONAHA) gérait 2 200 ha consacrés à la riziculture dans la vallée du fleuve. Cette superficie a augmenté graduellement pour atteindre 5 200 ha en 1987, ce qui correspond à une croissance annuelle de 430 ha. La superficie totale aménagée s'élève à 9 463 ha dont seulement 8 275 ha sont réellement exploités (MDA, 2008) (tableau 1.2). Cette différence entre superficies aménagées et superficies exploitées explique les choix technico-économiques de l'époque sans égards à la capacité de support du milieu et entraînant l'abandon partiel ou total de certaines parcelles. Certains périmètres irrigués, situés en amont du réservoir du barrage de Kandadji, seront ennoyés. C'est le cas de l'aménagement de Firgoun Nord, objet d'enquête lors de recherches de terrain en 2009 au cours de cette étude.

Tableau 1.2 Périmètres hydro-agricoles de la vallée du fleuve Niger au Niger

Aménagement	Culture	Superficie (ha)		Année de réalisation
		Aménagée	Exploitée	
Firgoun Nord	Riz	110	110	1985
Firgoun Sud	Riz	100	81	1989
Diomana	Riz	420	420	1991
Bonféba Fala	Riz	327	327	1991
Namarigoungou	Riz	1494	1268	1983
Sakoira	Maraîchage	42	-	1976
Tillakéina	Maraîchage	86	83	1983
Yélouani	Riz	117	110	1984
Toula	Riz	260	244	1975
Daikéna	Riz	110	106	1964
Daibéri	Riz	340	309	1986
Kourani Baria	Riz	715	691	1990
Sona	Riz	153	150	1974
Sona	Maraîchage	89	87	1981
Lossa	Riz	160	160	1974
Kokomani	Riz	54	49	1974
Sous Total Zone Nord		4577	4195	N/D
Lata	Riz	380	246	1990
Koutoukalé	Riz	341	317	1980
Karma	Riz	150	132	1977
Namardé Goungou	Riz	256	233	1983
Karaigorou	Riz	145	137	1977

Aménagement	Culture	Superficie (ha)		Année de réalisation
Gabougoura	Arboriculture	30	25	1970
Dembou	Riz/Fourrage	120	120	1987
Boubon	Riz	8	8	1987
Liboré	Riz	250	236	1980
Goudel	Arbo./Maraîchage	60		N/D
Goudel	Riz	49	49	1989
Lamorde	Riz	100	100	1974
Kirkissoye	Riz / Fourrage	100	98	1966
Saadia Amont	Riz	115	105	1973
Saadia Aval	Riz	25	25	N/D
Saga	Riz	380	340	1966
N'Dounga 1		280	241	1976
N'Dounga 2		290	231	1977
Kolo	Riz	28	26	1982
Seibéry	Riz	335	332	1984
Tiaguirire Amont	Riz/Maraîchage	220	200	1978
Tiaguirire Aval	Riz	250	61	1983
Say Amont	Riz	297	250	1980
Say Aval	Riz	195	135	1989
Sous Total Zone Centre		4404	3647	N/D
Boumba	Riz	22	22	1990
Tara	Riz	120	101	N/D
Coopérative fruitière		80	80	N/D
Gaya Amont	Riz	170	150	1990
Gatawani Dole	Riz	90	80	1995
Sous Total Zone Sud		482	433	N/D
Total		9463	8275	N/D
Total Terrasses		357	250	N/D
Total Cuvettes		9106	8025	N/D

Source Ministère du développement agricole (MDA) (2008).

b. Élevage

Comme l'agriculture, l'élevage est lié aux plaines d'inondation, qui constituent des éléments clés de cette activité. Pendant la saison sèche quand l'herbe et l'eau deviennent rares sur les hautes terres, les zones basses libérées des eaux reverdissent et constituent d'excellents

pâturages pour le bétail confronté alors à d'énormes difficultés alimentaires. La pratique de l'élevage était surtout liée à l'existence de parcours de décrue au niveau des *bourgoutières*. Cette ressource offre des productions considérables (jusqu'à 30 t de matière sèche à l'ha) de valeur fourragère élevée, permettant ainsi d'atteindre des performances zootechniques remarquables, particulièrement en production laitière (Dulien, 1989).

Traditionnellement, deux systèmes d'exploitation sont pratiqués (Cissé, 1998):

- le système traditionnel transhumant à la recherche du *bourgou* (*Echinochloa stagnina*) qui constitue la principale ressource fourragère recherchée surtout en saison sèche. La qualité du *bourgou* explique les déplacements périodiques jadis très importants des troupeaux vers les zones de parcours de décrue ;
- le système d'exploitation sédentaire en pleine expansion qui se pratique sur les bords du Niger et qui est lié à l'existence d'un cheptel de culture attelée, en croissance constante et par l'adoption d'un élevage intensif très rémunérateur (embouche et/ou élevage laitier).

L'augmentation des surfaces cultivées, les déficits pluviométriques et l'invasion du fleuve par la Jacinthe, *Eichornia crassipes*, ont réduit considérablement les bourgoutières. Il existe des périmètres irrigués de bourgoutières aux alentours de grands centres urbains comme celui de Niamey, qui compte 100 ha destinés à un élevage urbain (Cissé, 1998).

Enfin, il faut noter que la disponibilité de l'eau de boisson est aussi un lien entre le fleuve et le cheptel au Niger. Ainsi, Burton (2002) considère qu'un sixième de l'effectif national du bétail, soit 870.000 unités de bétail tropical (UBT)⁴ s'abreuve en permanence au fleuve ou à ses affluents.

c. Pêche et pisciculture

Les potentialités halieutiques du Niger reposent sur un ensemble de points d'eau et cours d'eau (voir aussi 1.3.2) dont la superficie (hors Lac Tchad) est d'environ 70 000 ha: i) les 550 km de fleuve Niger et ses affluents de la rive droite (Mékrou, Tapoa, Diamangou, Goroubi, Sirba, Dargol et Gorouol pour les plus importants) (figure 1.6); ii) les mares naturelles (environ un millier, pour une superficie totale d'environ 10 000 ha) et les retenues artificielles; iii) les 150 km de la Komadougou Yobé; et iv) la portion nigérienne du Lac

⁴ Unité de Bétail Tropical (UBT) équivaut à un bovin de 250 kilos.

Tchad dont l'extension maximale (antérieure) était 3 300 km² (Gallner et Bruner, 2006). Selon les mêmes auteurs, la production commerciale nationale en poisson frais pour l'année 2003 a dépassé 55 000 tonnes, dont environ 75% provenant du Lac Tchad (tonnage débarqué au Niger). Toutefois, ces chiffres doivent être considérés avec prudence car la pêche reste un secteur informel rendant difficile la compilation des données. Il n'existe pas de système cohérent de statistiques de pêche, mais uniquement des points de contrôle ce qui ne donne pas le détail par unité géographique de pêche (Tecsult, 2005c).

Il n'existe pas de statistiques de pêche détaillées pour les pêcheries du fleuve. Les chiffres les plus récents rapportent une capture de 7373 tonnes en 2003 et 5760 tonnes en 2004 (annuaire statistique 2000-2004) pour les régions du fleuve (Dosso, Niamey et Tillabéry) (Ichaou et *al.* 2007). Ces chiffres se comparent bien aux 7 177 tonnes, relevés en 1968 (Bacalbassa, 1971). Ils sont par contre supérieurs aux 1 600 tonnes de 1983 et aux 900 tonnes de 1985 (Malvestuto et Meredith, 1986), années de faible hydraulité expliquant en partie la chute de captures (Brouwer et Mullié, 1994) (figure 1.7). Ainsi, dans le Delta central du Niger au Mali, la production de poisson est passée de 87 000 tonnes à 45 000 tonnes, avec un minimum de 37 000 tonnes en 1984-1985 (Lae, 1992). Cette chute catastrophique des captures s'explique selon l'auteur par la réduction de la durée et l'étendue des plaines inondées. En effet, la productivité piscicole des pêcheries est affectée par la dégradation des écosystèmes aquatiques liée aux aléas du climat mais, aussi aux effets environnementaux des programmes sectoriels de développement des AHA sur les plaines d'inondation qui constituent les zones de reproduction et de fraye des poissons (HCBK, 2001). La richesse halieutique des fleuves dépend étroitement de la préservation des zones d'inondation dont la richesse trophique et la diversité écologique permettent le maintien d'une faune ichtyologique abondante et diversifiée (Diouf et Quensière, 1999). La construction de barrages interfère avec la dynamique naturelle du fleuve, la position des ouvrages étant d'une grande importance pour la répartition spatiale de la faune piscicole qui varie de façon marquée le long des cours d'eau (Lae, 1992). Dans le moyen cours du fleuve Sénégal, où l'inondation a été complètement supprimée suite aux aménagements, la production de la pêche fluviale a été considérablement réduite, bien que les pêcheurs n'aient observé la disparition que d'une seule espèce de poisson d'importance commerciale (De Verdilhac, 2003 cité par Tecsult, 2006a).

Parallèlement à l'activité de pêche et pour suppléer la baisse de capture, le Niger a développé une pisciculture essentiellement orientée vers l'élevage d'*Oreochromis niloticus* en cage flottante dans le cadre d'un projet initié en 1981. Selon Lazard et al (1998) les résultats obtenus mettent en évidence une rentabilité tout à fait intéressante de cette activité. Cette sous activité ne sera pas détaillée puisqu'elle a moins de rapport direct avec le thème de l'étude.

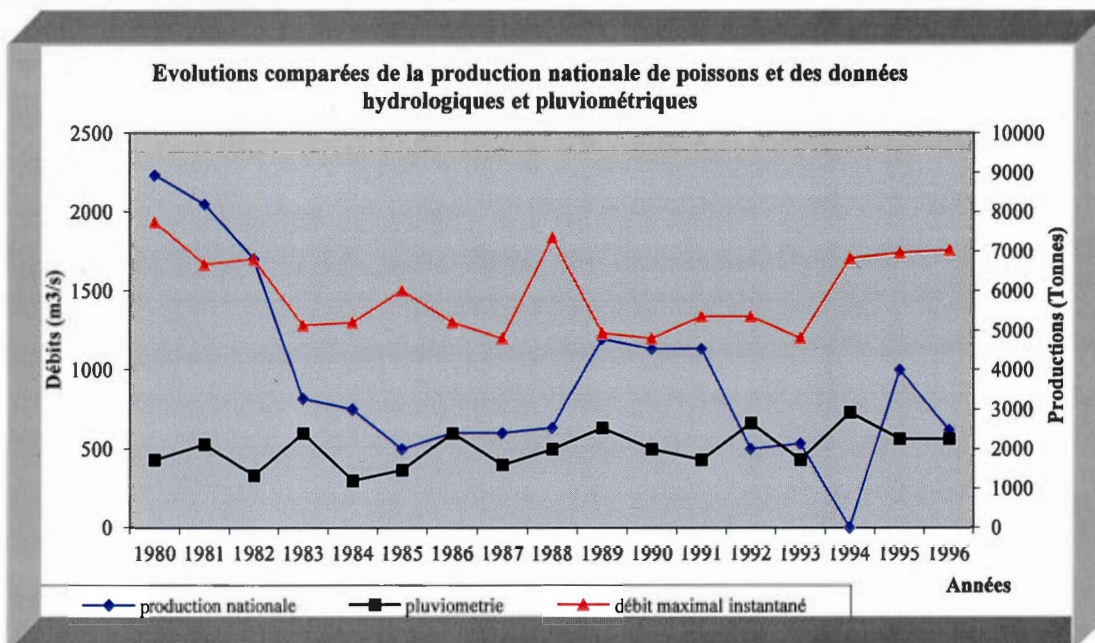


Figure 1.7 Évolutions comparées des prises des poissons et des données hydrologiques et pluviométriques.

N.B : données non disponibles pour 1994.

Source HCBK, 2001

d. Autres activités

Plusieurs autres activités se pratiquent, quoi que de façon marginale comparativement à l'agriculture, l'élevage et la pêche. Parmi celles qui ont des liens plus ou moins directs avec la biodiversité, on peut citer :

- collecte des produits naturels: divers produits sont collectés par les populations dans la région du fleuve, tels que les fruits, les écorces, les racines et les feuilles à des fins thérapeutiques, le bois d'œuvre, le bois de service, le bois-énergie, l'argile pour la confection des briques et l'eau pour l'utilisation domestique;

- chasse: l'interdiction de chasser, à partir de 1972, a favorisé la multiplication de nombreuses espèces d'oiseaux d'eau qui se composent en grande partie des espèces migratrices du Paléarctique (sarcelles, canards...). Mais l'activité se pratiquait quand même clandestinement jusqu'à la levée de l'interdiction en 1996. Les résultats des enquêtes de terrain réalisées dans le cadre de cette recherche, suggèrent une diminution des espèces du fait entre autres d'une chasse commerciale plus destructrice.
- tourisme et loisir : cette activité a attiré environ 2000 personnes en 2004 et porte sur la découverte de l'architecture locale, la présence de villages africains typiques et de lieux archéologiques et historiques, la faune et la flore fluviales (Tecsult, 2006a). L'achalandage touristique est ainsi peu élevé sans doute du fait de l'insécurité actuelle de la zone sahélienne.

Les diverses activités conduites au niveau de la vallée du fleuve se traduisent, dans la plupart des cas par des agressions, qui portent tant sur le bassin versant que sur le milieu aquatique (Saadou, 1994).

1.3.3.4 Impact des activités sur l'écosystème fluvial

La vallée du fleuve constitue un complexe de ressources éminemment attractif, lieu de juxtaposition et d'interférence de multiples activités, dans un équilibre actuellement très imparfait (Gallner et Bruner, 2006). Les interventions sectorielles entreprises en général afin d'accroître entre autres les rendements agricoles et piscicoles portent atteinte au caractère multifonctionnel des écosystèmes d'eau douce du bassin (ABN, 2007a).

L'augmentation du nombre d'exploitations et les tentatives de mise en valeur de terres, dont la vocation n'est nullement agricole, ont entraîné une forte dégradation du milieu. Cette dégradation de l'environnement reflète le résultat du cumul des différents impacts négatifs enregistrés depuis la création des premiers AHA (République du Niger, 2007a). L'installation des AHA a été précédée d'un endiguement généralisé et systématique. Le résultat est certes la production du riz; mais il y a aussi la suppression des zones d'inondation et ses conséquences à savoir la diminution de la productivité du système, une diminution de la fertilité des terres et la difficulté de rechargement de la nappe phréatique dans les zones inondables. De plus, le développement des cultures irriguées s'est fait avec l'intensification de l'utilisation des produits chimiques en général nocifs à la faune aquatique.

Par ailleurs, la gestion des troupeaux et des parcours, dont la résultante est le gréganisme et le surpâturage, induit les mêmes conséquences. Ces diverses formes de mise en valeur menacent fortement la biodiversité.

C'est dans ce contexte que le Niger a initié le Programme «Kandadji» de Régénération des Écosystèmes et de mise en valeur de la vallée du Niger (PKRES-MIN) (voir chapitre VII pour plus de détails) pour «contribuer à la régénération des écosystèmes fluviaux et augmenter la production agricole et la production d'énergie électrique». Il est question selon (Gallner et Bruner, 2006) de restructurer la distribution des activités en fonction d'une ligne politique préétablie, avec des objectifs de développement économique, de lutte contre la pauvreté et de restauration des écosystèmes. C'est, de l'avis des auteurs un pari ambitieux du fait des incompatibilités entre les diverses fonctions dévolues à l'aménagement. C'est pourquoi, ils suggèrent la mise en place d'un système de priorité des usages. Nous adhérons à cette conclusion et c'est pourquoi nous avons considéré le programme Kandadji comme étude de cas de la recherche pour mieux explorer la problématique de la planification des activités post barrage et leurs liens avec la conservation de la biodiversité.

1.3.4 Conservation de la biodiversité au Niger

La conservation de la biodiversité concilie préservation et utilisation dans une perspective durable (voir chapitre IV, section 4,5). Mais le Niger avait adopté jusqu'à l'avènement de la Conférence des Nations Unies sur l'Environnement et le Développement (CNUED) tenue à Rio, une approche protectionniste, sectorielle et techniciste marginalisant ainsi les populations concernées et les privant de toute responsabilité (CNEDD, 1998). L'approche était donc inefficace et irréaliste dans la mesure où l'État n'avait pas les moyens de mettre sous cloche les ressources comme le veut une approche protectionniste.

Un changement de paradigme allait s'opérer au lendemain de la conférence de Rio avec l'élaboration d'un plan national de l'environnement pour un développement durable (PNEDD). Ce dernier a pour finalité d'élargir les options de développement du Niger et de pérenniser ces options pour les générations futures; il couvre l'ensemble des chapitres définis dans l'agenda 21 adopté à Rio à l'exclusion du chapitre 17 de l'Action 21 relatif à la protection des océans et de toutes les mers (CNEDD, 2002b), le Niger n'ayant pas de

débouché sur la mer. Le PNEDD est axé sur six (6) programmes prioritaires dont celui de gestion de la diversité biologique. C'est dans ce cadre que le Niger a élaboré une stratégie nationale et un plan d'actions en matière de diversité biologique (SNPA/DB) qui a été adoptée en 2000 et révisée en 2009 (CNEDD, 2012a). Le Niger s'est ainsi doté d'une vision nationale en matière de diversité biologique et se définit comme : *"une société consciente du rôle et des enjeux liés à la diversité biologique, convaincue de ses responsabilités envers les générations futures, et déterminée à utiliser les ressources de manière durable"*(CNEDD, 2009b, p.6). Au bilan, on peut relever que beaucoup d'efforts ont été entrepris dans le cadre de la conservation de la biodiversité. Ainsi, le Niger a mis en place un cadre institutionnel, législatif et réglementaire pour une meilleure conservation de la biodiversité.

Au plan institutionnel et réglementaire, notons en premier lieu la création du conseil national de l'environnement pour un développement durable (CNEDD) piloté par un secrétariat exécutif, point focal national en matière d'environnement et de développement durable. Au plan opérationnel, la conservation de la diversité biologique et de ses éléments relève surtout des ministères techniques au premier rang desquels, le Ministère en charge de l'environnement. Nous reviendrons sur certaines de ces institutions au chapitre VII mais pour plus de détails sur les institutions en charge de la conservation de la biodiversité, on peut se référer à CNEDD (2012b), CNEDD (1998) ainsi que Tecsalt (2006a). On relèvera cependant à ce niveau une faible représentation institutionnelle du niveau local en particulier au niveau des communes rurales qui sont pourtant plus en lien direct avec les populations. De plus, l'efficacité des institutions est toute relative puisque selon le CNEDD (2009a) la gestion se fait toujours de façon sectorielle avec des conflits de compétence et l'absence des liens formels entre le CNEDD chargé de la coordination des toutes les activités en matière de gestion et d'exploitation de la biodiversité et les autres structures techniques impliquées.

Au plan législatif et réglementaire, le Niger a adopté plusieurs textes sectoriels ou de portée générale en lien avec la conservation de la biodiversité. Ainsi, la Constitution de la 7^{ème} République du 25 novembre 2010, est la première loi qui oblige à œuvrer pour la conservation de la biodiversité. Les lois plus spécifiques sont surtout la loi n°2004-040 du 08 juin 2004 portant régime forestier au Niger, la loi n°98-07 du 29 avril 1998 fixant le régime de la chasse et de la Protection de la Faune et le décret n°98-295/PRN/MH/E/LCD du 29

octobre 1998 portant ses modalités d'application, la loi n° 98-042 du 07 décembre 1998 portant régime de la pêche au Niger, l'ordonnance 2010-09 du 1^{er} avril 2010 modifiant la Loi 98-014 du 07 décembre 1998 portant Code de l'Eau au Niger, la loi N° 2004-048 du 30 juin 2004 portant loi cadre relative à l'élevage (voir CNEDD, 2012b ou Tecsalt, 2006a). En plus de trois conventions post Rio dont celle sur la biodiversité, le Niger a adopté et ratifié plusieurs textes de portée régionale ou internationale. Il s'agit entre autre de la Convention africaine sur la conservation de la nature et des ressources naturelles dite "convention d'Alger" signée le 15 Septembre 1968 à Alger et entrée en vigueur le 26 Février 1970 devenue plus tard Convention de l'OUA, puis celle de Maputo en 2003; la Convention relative aux zones humides d'importance internationale dite "convention de Ramsar", signée le 2 Février 1971 à Ramsar en Iran, entrée en vigueur le 21 Décembre 1975 et ratifiée par le Niger en 1987, la Convention de Bonn sur la protection des espèces migratrices appartenant à la faune sauvage, entrée en vigueur le 1er Novembre 1983, ratifiée par le Niger le 4 Juin 1985 (CNEDD, 2012b). Au bilan, il existe environ 317 textes actuellement en vigueur dans le domaine de l'environnement au Niger dont certains sont dépassés par rapport aux réalités actuelles et ne prenant pas tous en compte le souci de conservation et de l'utilisation durable de la diversité biologique; (CNEDD, 2009b). Plusieurs lois, par exemple, ne sont pas opérationnelles, faute de décret d'application. C'est le cas de la loi sur la pêche adoptée pourtant il y a près de 15 ans!

Les insuffisances des cadres institutions, législatifs et réglementaires, couplées aux moyens financiers limités remettent en cause la conservation de la biodiversité au Niger. Ainsi, selon le CNEDD (2009a), il y a une réelle insuffisance de connaissances de plusieurs groupes taxonomiques, une faible connaissance de la distribution et de la biologie de plusieurs espèces. De même, il y a une faible implication des populations dans la gestion de la diversité biologique de même qu'une insuffisance des actions de sensibilisation, d'information et de formation se traduisant par la non prise en compte de la diversité biologique dans la conception et la mise en œuvre des actions de développement (CNEDD, 2009b). Pourtant des outils, comme les évaluations environnementales, sont disponibles pour mieux intégrer l'environnement dans la planification des activités de développement.

1.3.5 Évaluation environnementale (ÉE) au Niger

Dans le domaine de l'ÉE, le cadre institutionnel, législatif et réglementaire comprend en général quatre éléments (D'Almeida, 2001):

- les textes de lois et règlements relatifs à l'ÉE;
- les institutions administratives d'État et établissements publics responsables de l'ÉE;
- les associations de professionnels et de spécialistes en ÉE
- les ONG locales en environnement.

Dans les pays du sud, en particulier ceux d'Afrique de l'Ouest, les directives et exigences des bailleurs de fonds en matière d'ÉE, ainsi que des ONGs internationales doivent être ajoutées à celles du pays hôte du projet. En effet, dans plusieurs pays comme le Niger, ces directives sont à la base de la pratique des ÉE et constituent les référentiels en la matière. Aussi, depuis la fin des années 90, le Niger a redynamisé son cadre de gestion de l'environnement en particulier dans le domaine des évaluations environnementales (ÉE).

Pour l'essentiel, ce sont les mêmes instruments institutionnels et législatifs qui animent les ÉE comme la conservation de la biodiversité (voir 1.3.4).

1.3.5.1 Cadre institutionnel des évaluations environnementales au Niger

Les principales institutions nationales ayant en charge l'administration des questions environnementales et incidemment des ÉIE sont des institutions gouvernementales comme le Bureau des Évaluations Environnementales et des Études d'impacts (BEEEI) qui relève du Ministère en charge de l'environnement et le Conseil National de l'Environnement pour un Développement Durable (CNEDD) rattaché au cabinet du Premier Ministre. À ces institutions publiques s'ajoute la société civile qui est représentée principalement par l'Association Nigérienne des Professionnels en Études d'Impact Environnemental (ANPEIE). Plus de détails sur ces différents acteurs de la gestion de l'environnement sont donnés au chapitre VII.

En dépit du cadre de gestion en place, des lacunes demeurent quant à la prise en compte de l'environnement et de la gestion de la biodiversité au Niger. En effet, il ressort du quatrième rapport du Niger sur la biodiversité (CNEDD, 2009a) que malgré la place prioritaire accordée à la diversité biologique, certains secteurs n'ont pas pris en compte cette dimension dans

leurs politiques et stratégies. Conséquemment, il est noté une dégradation continue des éléments de la biodiversité.

1.3.5.2 Cadres législatifs et réglementaires des ÉE au Niger

Au Niger, comme dans la plupart des pays en développement, les cadres politique et juridique des évaluations environnementales sont très récents. C'est principalement sous l'impulsion de la Banque Mondiale, que ces outils ont été mis en place. Cela explique sans doute le fait que les ÉE sont perçues en termes d'exigence des partenaires au développement plutôt que résultantes d'une volonté réelle de prendre en compte les préoccupations environnementales. Ainsi, au Niger, le processus de mise en place du système d'évaluation trouve son fondement dans l'Ordonnance 97-001 du 10 janvier 1997 portant institutionnalisation de l'EIE (République du Niger, 1997). Par cette ordonnance, le Gouvernement du Niger s'est officiellement engagé dans la mise en opération d'un processus des Évaluations Environnementales. Ainsi, l'article 4 de ladite ordonnance précise que : *"les activités, projets ou programmes de développement, qui, par l'importance de leurs dimensions ou leurs incidences sur les milieux naturel et humain, peuvent porter atteinte à ces derniers sont soumis à une autorisation préalable du Ministre chargé de l'Environnement."* Cette autorisation est accordée sur la base d'une appréciation des conséquences des activités du projet ou du programme mis à jour par une étude d'impact sur l'environnement élaborée par le promoteur. Mais, c'est seulement le 29 décembre 1998 qu'a été adoptée la Loi 98-56, portant loi-cadre relative à la gestion de l'environnement (République du Niger, 1998) qui tient lieu de code de l'environnement. Cette loi-cadre reprend en son article 31, les termes de l'article 4 de l'ordonnance 97-001 sur les études d'impact environnemental.

Signalons aussi que la nécessité d'évaluer les impacts des projets transparaît dans la loi fondamentale qu'est la constitution de la 7ème République du Niger. Elle stipule à son article 35 que *" toute personne a droit à un environnement sain. L'État a l'obligation de protéger l'environnement dans l'intérêt des générations présentes et futures. Chacun est tenu de contribuer à la sauvegarde et à l'amélioration de l'environnement dans lequel il vit. (...). L'État veille à l'évaluation et au contrôle des impacts de tout projet et programme de développement sur l'environnement."*

La prise en compte de l'environnement s'est manifestée aussi par la signature suivie dans certains cas de la ratification de plusieurs conventions internationales (voir section 1.3.4) qui ont notamment adopté le principe des ÉE. Au total, le Niger a adhéré ou ratifié 34 conventions et accords internationaux (CNEDD, 2001) dont plusieurs prévoient la prise en compte de l'environnement à travers les études d'impacts. Par exemple, la convention sur la Diversité Biologique (CDB, 1992) prévoit en son article 14 l'adoption de mesures d'études d'impact au niveau des projets, programmes et politiques. De même, la convention sur les changements climatiques en son article 4.1.f, prévoit l'utilisation des études d'impacts pour réduire au minimum, les effets préjudiciables liés aux changements climatiques sur la santé, l'économie.

L'analyse des cadres institutionnels, législatifs et réglementaires, montre comme dans le cas de la conservation de la biodiversité (section 1.3.4) une inadéquation à traiter les défis qui se posent au Niger en matière d'évaluation environnementale. Nous notons à la suite du CNEDD (2009a) :

- l'absence des mécanismes et des outils permettant l'intégration de la biodiversité dans les différents secteurs;
- l'absence d'évaluation stratégique.

Ainsi, il est suggéré (Ibid.) de :

- mettre en place un dispositif permettant au Ministère en charge de l'environnement à prendre part à l'élaboration des stratégies sectorielles;
- évaluer et réviser les différents documents de stratégies en intégrant la biodiversité;
- instituer l'évaluation et l'analyse stratégique suivant la démarche systémique au niveau des politiques, programmes et des textes juridiques.

CHAPITRE II

AMÉNAGEMENT DES BASSINS FLUVIAUX

Ce chapitre traite principalement des aménagements fluviaux ainsi que des principaux enjeux qui y sont associés. En mettant l'accent sur la problématique des barrages, cette partie développe la justification de ces ouvrages structurants et les conséquences qui obligent de mieux tenir compte de l'environnement. Cela permettra de faire des actions d'aménagement des outils de promotion du développement social sans compromettre l'environnement et en particulier les éléments constitutifs de la biodiversité.

2.1 Historique des aménagements des bassins fluviaux

L'histoire des civilisations fait apparaître le lien entre l'homme et son développement d'une part, et l'eau d'autre part. Les fleuves et les rivières tels que le Nil en Égypte, le Tigre et l'Euphrate en Mésopotamie (Iran et Irak), l'Indus et le Gange en Inde, le Huang Ho et le Yang Tse en Chine, ont été le berceau des premières civilisations humaines (Colliard, 1995). La pérennité de ces masses d'eau a été un facteur décisif du développement et du maintien de ces groupements humains (Dejoux, 1988). Les besoins nouveaux en eau, la nécessité de la connaissance du comportement de l'eau et l'aménagement des ressources en eau vont entraîner le développement de l'organisation sociale et politique (Schweizerische Gesellschaft für Umweltschutz⁵, 1990). De nombreuses découvertes archéologiques dans les vallées fossiles de par le monde attestent des aménagements des cours d'eau. L'homme se contentait autrefois de faibles prélèvements d'eau et de ressources vivantes, mais au cours de l'ère industrielle, les aménagements des hydrosystèmes⁶ pour les activités agricoles et industrielles vont, dans certains cas, modifier complètement l'écosystème des bassins versants (Lévêque, 1996). Cet auteur distingue en Europe deux grandes phases de civilisations hydrauliques:

- de la préhistoire jusqu'à l'ère industrielle : l'utilisation de l'eau est caractérisée par de faibles moyens techniques compensés par une main d'œuvre abondante. Les sociétés

⁵ Société suisse pour la protection de l'environnement

⁶ Ce concept permet une nouvelle approche interdisciplinaire et intégrée de l'analyse, de la modélisation et de la gestion environnementale des fleuves (Amoros et Petts 1993). Ce concept considère les grands cours d'eau comme des systèmes complexes à quatre dimensions (longitudinale, transversale, verticale et temporelle), constitués d'écosystèmes interactifs

- rurales tirent parti des possibilités offertes par la configuration de l'espace naturel pour :
 - créer des étangs, installer des moulins, améliorer la flottabilité, irriguer des versants montagneux;
 - élever des digues contre les crues pour protéger les terres et les villages;
 - dériver les cours d'eau à des fins défensives pour ceinturer les villes du Moyen âge ou pour distribuer l'eau.
- au début de l'ère industrielle (vers 1750), les progrès techniques favorisent la science hydraulique. Les conséquences se font sentir dans de nombreux domaines :
 - l'assèchement des marais à des fins agricoles et pour améliorer l'hygiène comme en témoignent les édits de Henri IV, entre 1599 et 1607;
 - le développement de la navigation. On crée un réseau navigable en construisant des canaux;
 - la production d'énergie hydroélectrique, domaine dans lequel la France se montre pionnière. Le transport d'électricité, techniquement possible à partir de 1895, ouvre la voie à la construction de réservoirs;
 - l'assainissement urbain et l'hygiène. On transforme les cours d'eau en canaux d'évacuation des eaux domestiques et industrielles.

2.2 Objectifs des aménagements fluviaux

C'est vraisemblablement quand l'Homme est passé d'une activité de cueillette à l'activité agricole qu'il a commencé spontanément à aménager le milieu (Hénin, 2007). C'est ainsi que la civilisation sumérienne apparaît vers 3500 avant J.C et prend un essor rapide grâce à l'extension de l'irrigation dans les plaines en bordure du golfe persique et vers 3000 avant J. C, le pharaon Ménès a fait édifier un premier barrage sur le Nil retenant ainsi les eaux lors de la décrue du fleuve (SGFU, 1990). Ce barrage est destiné à retenir les eaux, à les accumuler, protégeant ainsi les infrastructures contre les crues, mais aussi assurant l'irrigation et les utilisations permanentes d'une manière régulière. En outre, la retenue, couplée avec un ensemble électrique, fournira une énergie d'origine hydroélectrique, laquelle pourra être transportée. Ainsi le barrage permet-il une gestion de l'eau (Colliard, 1995).

Il semble y avoir de ce fait plusieurs raisons qui poussent à l'aménagement des cours d'eau. Ainsi, Colliard (1995) rappelle les utilisations possibles décrites par la commission du droit international dans son étude sur l'utilisation des voies d'eau à des fins autres que la navigation. La liste comporte 14 échelons regroupés sous 3 formes d'utilisation:

- agricole : irrigation; drainage; évacuation des déchets; aquaculture;

- économique et commerciale : production d'énergie (hydroélectrique, nucléaire et mécanique); industries; construction; transports autre que la navigation : flottage du bois, évacuation des déchets; industries extractives (minière, pétrolière, etc.);
- domestique et sociale : consommations (boisson, cuisine, lavage, blanchissage, etc.), évacuation des déchets; loisirs (natation, pêche, sports nautiques, etc.).

Plusieurs de ces formes d'utilisation nécessitent la construction des barrages pouvant servir pour plusieurs usages à la fois (Larras, 1965). Ces activités humaines ont créé, dans certains cas, une empreinte ancienne et profonde (Lévêque, 1996). L'auteur précise que, partout dans le monde, ces milieux sont soumis à une forte pression des sociétés humaines pour l'usage des ressources ou l'utilisation de l'espace (tableau 2.1). Il devient difficile de trouver des hydrosystèmes continentaux qui ne soient pas modifiés, à des degrés divers, par les aménagements, les pollutions, l'exploitation des ressources en eau ou des ressources vivantes.

Tableau 2.1 Principaux types d'aménagements des lits des rivières

Aménagements	Caractéristiques
Canalisation	Bétonnage des berges et parfois du fond
Curage	Enlèvement des matériaux qui peuvent faire obstruction dans le lit d'une rivière
Endiguement	Augmentation de la hauteur des berges pour éviter les débordements des eaux
Recalibrage	Augmentation de la capacité du lit en modifiant la profondeur et la largeur
Rectification	Recoupement des méandres
Reprofilage	Augmentation de la vitesse du courant par augmentation de la pente

Source Lévêque (1996)

La civilisation hydraulique européenne décrite ci-dessus a été transposée surtout dans sa seconde phase en Afrique au moment de la colonisation. En effet, c'est quelques années après le début de cette deuxième phase que les premiers missionnaires allaient commencer la conquête coloniale. De toute évidence, la région ouest-africaine a eu sa propre histoire hydraulique bien avant la période coloniale; mais l'impact sur l'environnement fut moindre du fait des faibles moyens techniques à l'image de la préhistoire européenne.

À l'échelle planétaire, les aménagements fluviaux visent les mêmes finalités. Il s'agit principalement de :

- répondre à des besoins (approvisionnement en eau de boisson et d'irrigation, etc.);
- résoudre des problèmes (inondations, lutte contre les maladies et l'insalubrité, etc.);
- profiter de l'existence du fleuve (tourisme, etc.).

Dans les deux premiers cas, la construction de barrages a, à travers le monde dominé les autres formes d'aménagements comme réponse aux besoins. Le barrage présente en effet un avantage décisif pour la maîtrise et l'utilisation optimale de l'eau, tout en permettant son stockage et donc une indispensable régularité de l'accès à la ressource. Il y a ainsi, de nos jours, une croissance sans précédent des barrages (voir section 2.2) dans le monde, ce qui n'est pas sans conséquence sur l'environnement, notamment sur la biodiversité. Il nous semble donc important de décrire les impacts des barrages pour comprendre la nécessité de bien gérer la biodiversité dans les aménagements fluviaux.

2.3 Barrages dans le monde

Depuis le premier barrage important construit en Angleterre en 1787, le *Coombs Dam*, haut de 15 m (Bravard et Petts, 1993), en prenant en compte les 800 ouvrages en cours de construction en l'an 2000, le nombre des barrages a été multiplié par 7 (Mutin, 2000) en 45 ans! Ce sont donc quelques 40 000 barrages dépassant 15 m⁷ qui ont été construits dans le monde (Bouguerra, 2003).

Une comparaison des relevés entre 1950 et 1995 réalisée par Mutin (2000) a mis en évidence un vaste transfert des réalisations depuis les vieux pays largement équipés vers les pays en voie de développement. Cela s'explique bien quand on pense que c'est surtout dans ces zones que les besoins en eau de boisson, en irrigation et en électricité augmentent de façon exponentielle du fait notamment d'une croissance démographique soutenue. De ce fait, les

⁷ Pour la Commission internationale des grands barrages (CIGB, 1998), un grand barrage a une hauteur de 15 mètres ou plus (à partir de la fondation). Ceux d'une hauteur de 5 à 15 mètres et ayant un réservoir d'un volume supérieur à 3 millions de m³ sont également classés dans les grands barrages. Fondée en 1928, la CIGB vise à promouvoir l'art et la science des barrages hydrauliques. Elle a environ 6000 membres et des comités dans 80 pays (Coles, 2000).

barrages sont associés à la satisfaction des besoins humains fondamentaux et donc au développement.

La Commission mondiale de Barrages (CMB)⁸ (2000) indique que la moitié des grands barrages construits dans le monde l'a été exclusivement ou principalement pour l'irrigation, et 30 à 40 % des 271 millions d'hectares irrigués dans le monde en 2000 le sont à partir de barrages, qui génèrent 12 à 16 % de la production alimentaire mondiale. Les grands barrages génèrent aussi 19 % de l'électricité utilisée dans le monde. Selon cet auteur, la maîtrise des crues a depuis toujours été un des premiers buts des barrages, et souvent le seul but recherché. C'est pourquoi jusqu'au début des années soixante dix, les grands aménagements fluviaux ont été perçus de façon valorisante (Mutin, 2000). En effet, selon la CMB (2000), ces ouvrages étaient considérés comme un moyen important de satisfaire la demande estimée en eau et en énergie, et comme un investissement stratégique à long terme, susceptible d'offrir des avantages multiples.

Cependant, depuis quelques décennies, l'érection des barrages comme solution miracle est de plus en plus remise en cause par le mouvement écologiste. Ce mouvement fait valoir aussi bien les effets altérant le milieu naturel, que ceux affectant les collectivités humaines impliquées dans ces aménagements de grande envergure (Mutin, 2000). Par simplification, les termes impacts et effets sont pris comme synonymes bien qu'ils se distinguent en termes d'information portée par chacun de termes (nous y reviendrons au chapitre V).

2.4 Impacts environnementaux et socio-économiques des barrages

L'occupation du territoire par un barrage et sa retenue ainsi que les infrastructures complémentaires, tout comme de nombreuses autres activités humaines influencent et transforment de façon variable l'environnement. Ainsi, les défenseurs des barrages évoquent les exigences du développement social et économique tandis que les détracteurs comme New et Xie (2008), mettent en évidence les conséquences négatives y compris justement sur les sociétés humaines mais aussi sur la biodiversité. C'est ce dernier aspect qui est au centre de la présente recherche. Aussi, nous prenons position sur le fait que les barrages ont une certaine

⁸ Fondée en 1998 par la Banque Mondiale et l'Union Mondiale pour la Nature (UICN), elle étudie l'efficacité des barrages sur le développement.

utilité qui justifie dans bien des cas leur construction (voir cas du barrage de Kandadji au chapitre VIII). Toutefois, les conséquences doivent obligatoirement être identifiées, évaluées afin d'être gérées y compris à l'étape stratégique. Ainsi, en amont et en aval de la construction des barrages, des évaluations environnementales stratégiques nous paraissent indispensables pour tirer le meilleur profit et atteindre le développement escompté.

Pour revenir à la controverse entre pro et anti barrages, retenons les cinq (5) points clés ci-dessous soulignés par le CMB (2000) :

- les barrages ont largement contribué au développement humain et les avantages qui en ont résulté ont été considérables;
- dans de nombreux cas, le prix payé par les personnes déplacées, les communautés en aval, les contribuables et le milieu naturel pour s'assurer de ces bénéfices a été souvent élevé, particulièrement du point de vue social et environnemental;
- l'absence d'équité dans la répartition des bénéfices a remis en question la valeur réelle de la contribution de nombreux barrages à la satisfaction des besoins en eau et en énergie pour le développement, au regard des autres options ;
- en réunissant tous ceux dont les droits sont en jeu et qui supportent les risques liés aux différentes options en matière de développement des ressources hydrauliques et énergétiques, on peut créer les conditions nécessaires pour régler de manière positive les intérêts concurrents et les conflits ;
- des résultats négociés améliorent considérablement l'efficacité des projets hydrologiques et énergétiques en éliminant à un stade précoce les projets les plus discutables. Seuls sont retenus les projets qui, de l'avis des parties intéressées, sont les plus à même de répondre aux besoins en question.

Ce dernier point en particulier, justifie une approche de recherche qui prône un processus participatif et itératif mettant les parties prenantes au cœur de la démarche. C'est donc une raison de plus de considérer l'Aide multicritère à la décision (AMCD) en contexte multi acteurs comme outil privilégié de mise en œuvre d'un processus d'évaluation environnementale stratégique (ÉES) participatif.

L'analyse de différents points énumérés par la CMD comprend à la fois des impacts environnementaux (portant sur le milieu biophysique) et des impacts sociaux (portant sur le milieu humain).

Cette recherche aborde principalement les impacts environnementaux en particulier ceux liés à la biodiversité. Il demeure important de souligner que les impacts sociaux et aussi économiques sont indissociables de ceux environnementaux car, ces trois compartiments

peuvent s'influencer mutuellement. En effet, une dégradation du milieu biophysique entraîne forcément une dégradation des conditions de vie des populations qui peuvent en retour induire une surexploitation des ressources naturelles. Relevons toutefois que l'objet de la recherche porte plus sur une planification post barrage ; de ce fait l'étude des impacts des projets de barrage n'a ici qu'un intérêt relativement marginal. C'est pourquoi, seuls les impacts communs à tous les types de milieux sont retenus ici de même que les défis qui peuvent être assimilés à des enjeux en ce sens qu'ils sont de nature plus globale. Nous reviendrons cependant plus en détails sur les impacts du barrage de Kandadji, ciblé comme étude de cas au chapitre VIII.

2.4.1 Impacts environnementaux des barrages

Un barrage bien que délimité dans l'espace, entraîne des répercussions avec une ampleur insoupçonnée tant à l'amont qu'à l'aval (Guimont, 1995). Sans être exhaustif, on peut retenir :

- la disparition de forêts et d'habitats naturels, la baisse de population de certaines espèces et la dégradation de bassins versants en amont du fait de l'inondation de la zone du réservoir ;
- la perte de biodiversité aquatique, de zones de pêche en amont et en aval, de fonctions assurées par les plaines alluviales en aval, des zones humides ainsi que des écosystèmes fluviaux, estuariens et marins adjacents ;
- les impacts cumulés sur la qualité de l'eau, les crues naturelles et la composition en espèces lorsque plusieurs barrages ont été aménagés sur le même cours d'eau.

Bon nombre des effets de la création de réservoirs sur les écosystèmes et la biodiversité terrestre ne peuvent être atténués et les efforts faits pour "sauver" les espèces sauvages n'ont pas été concluants sur le long terme. Par exemple, l'utilisation de passes à poissons pour les espèces migratoires a eu un succès limité, la technologie utilisée n'étant souvent pas adaptée spécifiquement aux sites et aux espèces concernées (CMB, 2000). Il convient toutefois de nuancer et de préciser que la technologie de passes à poissons a beaucoup évolué et semble donner de meilleurs résultats.

Les barrages n'ont pas que des effets négatifs. En effet, ces ouvrages permettent de régulariser les débits des cours d'eau ce qui permet d'éviter des crues catastrophiques en plus de créer et de maintenir la qualité des écosystèmes fluviaux et les conditions propices à plusieurs espèces fauniques et floristiques. Dans certains cas, comme au niveau du Niger moyen, la création des

réservoirs offrent de nouvelles opportunités pour la pêche par l'augmentation des superficies. De même, plusieurs opportunités socioéconomiques sont créées (voir 2.4.2 et cas du barrage de Kandadji au chapitre VIII).

2.4.2 Impacts socioéconomiques des barrages

Les barrages, et de façon générale les ouvrages hydroélectriques, ont des effets socioéconomiques dont la gestion constitue l'un des principaux problèmes particulièrement dans les pays où règne l'instabilité politique, où existent des besoins en eau conflictuels et où les ressources sont rares (The E7 Observer, 2000).

Les répercussions sociales négatives sont souvent mal évaluées ou négligées et portent sur l'existence, les moyens de subsistance et la santé des communautés tributaires de l'environnement fluvial. Ainsi, de 40 à 80 millions de personnes ont été déplacées par les barrages à travers le monde. En Afrique de l'Ouest, le barrage Volta au Ghana a entraîné le déplacement de 84 000 personnes, celui de Sélingué au Mali 21 000, celui de Manantali au Mali 10 000 (Mugenna, 1998 cité par le réseau d'expertise E7, 2003).

On peut retenir que les barrages entraînent (Égré, 1995) des:

- répercussions sur l'utilisation des berges du réservoir et du fleuve à l'aval du barrage (liées à la sédimentation);
- impacts sur l'exploitation des ressources fauniques ;
- impacts sur le patrimoine culturel;
- rapports de genre (intégration des femmes): la contribution des femmes à la société et à l'économie est un facteur clé à étudier. En effet, la réussite de ces projets dépend en grande partie de l'amélioration des conditions de vie des femmes à cause des nombreux rôles qu'elles assument sur le plan de l'alimentation, de l'approvisionnement et de l'utilisation domestique de l'eau et du bois de chauffage ainsi que du soin et de l'éducation des enfants.

Ainsi, plusieurs défis sont liés aux barrages et c'est ce que nous allons analyser ci-dessous.

2.5 Défis liés aux barrages

Selon The E7 Observer (2000) citant l'Agence Internationale de l'Énergie (AIE) (2000) qui a mené une vaste étude sur l'hydroélectricité (1995-2000), les points suivants résument les grands défis liés à l'hydroélectricité. Il s'agit de :

- l'optimisation du régime fluvial en aval des réservoirs qui doit tenir compte des usages de l'eau en amont et en aval des réservoirs ;
- l'amélioration de la gestion des sédiments dans les réservoirs ;
- la gestion des problèmes d'eutrophisation et de contamination des eaux des réservoirs pendant la période d'exploitation ;
- l'amélioration des voies de passage des poissons à l'emplacement des barrages pour les espèces migratrices de grande valeur ;
- la prise en compte de la protection de la biodiversité et de la productivité dans la conception des ouvrages.

L'étude de l'AIE réalisée en 2000 porte principalement sur l'hydroélectricité mais fait apparaître les défis qui se retrouvent de façon générale dans les aménagements fluviaux. Par exemple, l'optimisation du régime fluvial peut être en partie solutionnée par une gestion intégrée des bassins fluviaux. En effet, celle-ci permet aux décideurs informés de prendre en compte l'ensemble des usages et des ressources du bassin dans une approche écosystémique (Burton et Boisvert, 1991). Selon ces auteurs, cette forme de gestion vise à assurer la pérennité des collectivités humaines qui dépendent du bassin par le développement de relations harmonieuses entre les usagers eux-mêmes et entre l'homme et le fleuve. Malheureusement la gestion intégrée par bassin versant ne résout qu'en partie le problème de l'insuffisance des connaissances propres aux systèmes biologiques. Elle constitue quand même une avancée majeure en permettant la prise en compte de l'ensemble des usages.

Par ailleurs, il convient de plus en plus de s'engager dans une gestion adaptative pour répondre à certains défis non identifiés par l'étude de l'AIE. Il s'agit, par exemple, de la complexité et de l'incertitude des systèmes biologiques. Cette forme de gestion interactive se fonde sur l'idée que toute pratique de gestion doit être envisagée comme participant à un processus d'expérimentation itératif dans lequel les décideurs et les scientifiques doivent collaborer (Levrel, 2006). Elle permet d'améliorer et d'adapter la prise de décision à la situation du milieu.

Les enjeux et impacts liés aux aménagements fluviaux se traduisent par une problématique particulière dans un pays comme le Niger (chapitre III). C'est pourquoi, le programme Kandadji, malgré les bénéfices attendus (chapitre IX), invite à prêter une attention particulière à la biodiversité.

CHAPITRE III

PROBLÉMATIQUE, BUT ET OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

Ce chapitre vise deux objectifs. Il vise d'une part à faire l'état des lieux sur la situation de la biodiversité en Afrique de l'Ouest particulièrement au Niger et d'autre part à expliciter le but de la recherche ainsi que les objectifs poursuivis. Il s'agit ainsi de donner un portrait global de la biodiversité, des efforts de conservation menés depuis plusieurs décennies et ensuite de revenir sur les limites des actions de conservation. Cela donne l'occasion d'évoquer les défis qui justifient finalement la présente recherche et qui portent sur l'insuffisance de la prise en compte de la biodiversité dans les politiques, plans et programmes d'aménagement des zones de barrages.

3.1 Contexte et justification de la recherche

Dès 1980, la stratégie mondiale pour la conservation de la nature (UICN, 1980) avait souligné une fois de plus le rôle central de la biodiversité pour l'humanité. Le débat sera relancé à la faveur du sommet de Rio de Janeiro en juin 1992, avec l'élaboration d'une convention internationale, puis au sommet mondial de Johannesburg sur le développement durable, en novembre 2002. Ainsi, il est reconnu que la biodiversité occupe une place centrale en matière de développement durable et de lutte contre la pauvreté. La conservation de la biodiversité et la lutte contre la pauvreté sont liées et doivent être abordés ensemble (Adams et *al.* 2004). Plusieurs études ont montré l'importance de la biodiversité pour les sociétés humaines (voir chapitre IV, section 4.3). Source d'alimentation, d'énergie, de matières premières, de produits chimiques industriels et de médicaments; la biodiversité présente aussi d'importants avantages sociaux et culturels (OCDE, 1999).

Néanmoins, la situation mondiale en matière de diversité biologique demeure fort préoccupante avec des pertes jamais observées auparavant (voir chapitre IV, section 4.2). C'est ainsi que, comme pour le changement climatique, nos sociétés ont enfin perçu l'importance de la biodiversité et l'urgence de la préserver (Durand-Garnier, 2012). Dans ce cadre, l'ONU a lancé en juin 2001 le *Millenium Ecosystem Assessment* (MEA) qui allait entraîner un changement de paradigme pour l'évaluation de la biodiversité. Il s'agit du premier programme à large échelle ayant pour objectif d'intégrer les enjeux économiques,

écologiques et sociaux de la conservation de la biodiversité (Levrel, 2006). Le constat est alors fait que l'érosion constante de la diversité des gènes, des espèces et des écosystèmes qui se produit aujourd'hui menacera l'évolution vers une société durable.

Au rythme de destruction de 17 500 espèces animales et végétales par année, Auroi (1992) prévoyait dès 1992 qu'à la fin du 20^{ème} siècle, 10% des espèces vivantes pourraient ne plus exister. Les écosystèmes d'eau douce qui font l'objet d'âpres compétitions, sont les plus menacés (Dudgeon et *al.* 2005; MEA, 2005). En effet, 25 % des espèces menacées d'extinction le sont en raison de la dégradation des écosystèmes d'eau douce. La biodiversité de ces milieux est nettement plus menacée que celle des écosystèmes terrestres et marins (Ricciardi and Rasmussen, 1999 cités par Suski et Cooke, 2007) compte tenu de nombreuses utilisations anthropiques de l'eau (McNeely, 2003). L'homme utilise actuellement 54% de l'eau douce disponible sur terre et cette proportion passera à 70% d'ici 2050 (Stuart Chapin III et *al.* 2000). Certaines espèces sont plus touchées que d'autres. C'est le cas par exemple des amphibiens dont 1905 espèces (30%) sont menacées (UICN, 2008). Ils sont suivis par les poissons d'eau douce (Burton, 1995 cité par Suski et Cooke, 2007). Les menaces qui pèsent sur ces espèces proviendraient surtout de modifications d'habitats liées aux activités humaines qui dégradent les fleuves, lacs et réservoirs (Biro, 2001). Au cours des 50 dernières années, l'Homme a généré des modifications au niveau des écosystèmes de manière plus rapide et plus extensive que durant toute autre période comparable de l'histoire de l'humanité (...). Ceci a eu pour conséquence une perte substantielle de la diversité biologique sur la terre, dont une forte proportion de manière irréversible (MEA, 2005). Mais, plusieurs facteurs sont responsables à des degrés divers de la perte de biodiversité (voir section 4.4.).

Une évaluation préalable des impacts et leur prise en compte dans les projets d'aménagement peuvent limiter les pertes. Cela semble donner quelques résultats tangibles. Par exemple, 5 % des mammifères actuellement menacés montrent des signes de rétablissement à l'état sauvage (UICN, 2008). Mais, après quatre décennies de pratique d'étude d'impacts, le bilan montre plusieurs limites de cet outil. Cela justifie la nécessité d'intégrer l'environnement le plutôt possible dans le processus de planification (voir chapitre V).

La biodiversité englobe plusieurs niveaux d'organisation biologique (voir chapitre IV, section 4.1) et est largement sous-évaluée et insuffisamment prise en compte par les politiques publiques comme par les entreprises (Lieutaud, 2006). Par conséquent, il y a peu de domaines de la science comme celui de la biodiversité où nous en sachions aussi peu, alors même qu'elle nous concerne plus directement que tout autre en tant qu'êtres humains (Raven, 1994). Cette insuffisance est beaucoup plus accentuée pour la biodiversité des eaux douces qui sont par ailleurs les plus vulnérables (Nel et *al.* 2009; Hoeinghaus et *al.* 2009). Ainsi, sur 217 études réalisées au Brésil, 69% portent sur les écosystèmes terrestres et seulement 11% sur les eaux douces (Agostinho et *al.* 2005). Dans ces conditions, comment peut-on élaborer et déterminer des méthodes adaptées à la prise en compte de la biodiversité dans la planification et l'aménagement des zones de barrages? Dans ce cadre, l'évaluation environnementale (ÉE) qui apparaît aujourd'hui comme l'un des meilleurs outils de prévision et de gestion des impacts sur l'environnement (Simos, 1990 ; Leduc et Raymond, 2000 ; André et *al.* 2003) est parmi les pistes explorées. C'est pourquoi, la convention sur la biodiversité (CDB, 1992) prévoit, en son article 14, l'adoption par les parties des procédures d'évaluation des impacts sur l'environnement des projets pour prévenir les dommages sur la biodiversité. L'ÉE dispose d'une gamme d'outils et techniques dont certains relèvent, sur le plan opérationnel des sciences économiques. Celles-ci confrontent coûts et avantages en un bilan chiffré clair et parfaitement lisible, mais qui est en fait très réducteur par rapport à la complexité réelle des systèmes (...) (Kourouma, 2005). C'est pourquoi, Dron (1995) cité par Leduc et Raymond (2000) estimait que «la traduction des biens et dommages environnementaux dans le langage monétaire a en théorie l'avantage d'exprimer ceux-ci dans le langage commun aujourd'hui dominant, celui de l'économie». Mais, «le langage économique, pour simple qu'il soit, intégrateur et universel qu'il paraisse, est un support trop pauvre pour pouvoir transcrire dans ses codes, savoirs biologiques, écologiques ou socioculturels». De ce fait, les méthodes économiques comme l'analyse coût-avantages et même l'analyse coût-bénéfices, la méthode la plus utilisée à ce moment-là, montre déjà ses limites et son inadéquation à traiter les problèmes environnementaux complexes auxquels est confronté le gestionnaire de l'environnement (Maystre et *al.* 1994). Cela justifie pour ces auteurs le fait que le paradigme multicritère pour les applications environnementales, occupe une place grandissant rapidement au niveau international (voir chapitre V). Dans ce contexte,

le développement d'un modèle participatif multicritère de prise en compte de la biodiversité dans la planification et l'exploitation des zones de barrages en Afrique de l'Ouest, objet de la présente thèse, constitue une contribution à l'amélioration des approches méthodologiques en vue d'une bonne gestion de la biodiversité. A cet effet, il y a lieu de préciser que les ressources méthodologiques (et non les techniques et outils) sont insuffisantes pour composer avec le caractère nouveau, complexe et multisectoriel de la planification de la biodiversité (S/CDB, 2009). L'aide multicritère à la décision (AMCD) est une approche qui reconnaît l'existence de plusieurs perspectives rationnelles et qui accepte la présence de logiques d'acteurs divers (Simos, 1990; André et *al.* 2003). À contrario, l'approche classique des problèmes de décision, c'est-à-dire l'optimisation d'une unique fonction économique, montre certaines faiblesses auxquelles les méthodes multicritères semblent pallier (Ben Mena, 2000) (voir chapitre V). Dans ces conditions, l'application des méthodes multicritères pour la prise de décision participative dans la gestion des bassins versants devient un défi à relever (G. Zhai et *al.* 2007). Par leur manière d'intégrer tout type de critères, ces procédures semblent mieux permettre de se diriger vers un judicieux compromis plutôt qu'un optimum souvent désuet (Ben Mena, 2000). Nous y reviendrons au chapitre V, qui explore plus en détail le concept d'AMCD.

3.2 Problème abordé par cette recherche

3.2.1 Problème générale

Les milieux aquatiques abritent une très riche biodiversité végétale, ichtyologique et avicole (Acreman et Bortoli, 2000). Ainsi, le système fluvial du Niger assure l'existence d'une importante biodiversité composée de multiples écosystèmes et, d'au moins 130 espèces aquatiques (Burton et Egli, 2002) (voir chapitre I). Il y aurait, selon Andersen et *al.* (2006), quelques 36 familles et près de 243 espèces de poissons d'eau douce, dont 20 n'existent que dans le bassin (11 des 18 familles de poissons d'eau douce endémiques à l'Afrique sont présentes dans le fleuve Niger). Le delta intérieur abrite une riche variété d'oiseaux migrateurs dont les grues couronnées, les hérons, les aigrettes et les cigognes; on trouve aussi des pélicans et des flamands roses dans le bassin supérieur de la Bénoué. Le delta maritime contient également une immense mangrove.

De nos jours, cette biodiversité est menacée par les politiques de développement, lesquelles se sont notamment traduites par un accroissement notable des barrages (voir chapitre I) dans certaines régions (Niasse et Lamizana, 2002). Il semble établi que les barrages de Markala et de Sélengué sont responsables d'une baisse du dixième des productions ichtyologiques annuelles (Lae, 1992). En effet, la fragmentation de l'habitat qui découle de la construction de tels ouvrages est souvent citée comme l'une des causes de la perte de biodiversité (voir chapitre IV). De plus, ces ouvrages changent radicalement les caractéristiques des écosystèmes fluviaux en altérant de façon plus ou moins profonde le régime hydrologique (WCD, 2000). Également, le volume d'eau dans les réservoirs de barrages a quadruplé depuis 1960, et il y a trois à six fois plus d'eau dans ces réservoirs que dans les cours d'eau naturels (MEA, 2005). Ainsi, la base de connaissances de la Commission Mondiale sur les barrages (CMB) (2000) relevait en 2000 que les grands barrages ont entraîné, entre autres impacts, la disparition de forêts et d'habitats naturels de même que la baisse de population de certaines espèces. La destruction de l'habitat se solde par une diminution de la biodiversité, en nombre de populations d'abord et d'espèces ensuite (Teyssédre, 2004).

Dans ces conditions, la situation en Afrique de l'Ouest, région qui comptait au début des années 2000 près de 110 grands barrages voués à l'irrigation et à la production d'énergie (WWV/GWP, 2000) demeure préoccupante. Cette recherche se concentre surtout sur le fleuve Niger, troisième grand fleuve d'Afrique, après le Nil et le Congo avec un bassin actif de drainage de 2 millions km² (Oumarou et Rouscoua, 2001) (voir aussi chapitre I). La pression exercée sur ce fleuve est liée aux aménagements hydrauliques et est causée principalement par le développement des pôles d'activités et d'usages nouveaux qui perturbent sa structure et le fonctionnement de ses écosystèmes (Awaiss, 2003). En plus de la centaine d'ouvrages existants sur le fleuve Niger, neuf (9) grands barrages sont soit en cours de construction (Kampe), soit en cours de planification plus ou moins avancée (Fomi, Tossaye, Kandadji, Zunguru, Onitsha, etc.). Au total, chacun des pays de la région a ses propres plans de construction d'un ou de plusieurs barrages (Niasse et Lamizana, 2002). Cela se traduit par un morcèlement des écosystèmes, donc des habitats des espèces qui se combinent à diverses utilisations non coordonnées des ressources ainsi qu'à une faible participation des populations à la planification des activités. On est donc dans un contexte dommageable à la biodiversité et

offrant peu de mécanismes pour sa gestion. Pour faire face à cette situation, les pays riverains regroupés au sein de l'Autorité du Bassin du Niger (ABN) ont convenu d'un mécanisme de vision partagée qui a pour vocation de favoriser la compréhension, de renforcer la coopération entre les États et de tirer le meilleur parti des ressources du bassin (ABN, 2005). Cela traduit plus ou moins une approche anthropocentrique puisque l'objectif déclaré est bien de tirer parti des ressources. Néanmoins, cette initiative constitue une bonne base pour améliorer la gestion de la biodiversité en créant un cadre de concertation et de partenariat pour une gestion commune des ressources. Dans ce contexte, le développement d'approches de gestion concertée et prenant en compte les dimensions biophysique et humaine du fonctionnement du bassin, contribuerait à la gestion durable de la biodiversité. De telles approches, élaborées à l'échelle des sous bassins ou de programmes d'aménagements hydroélectriques et hydro agricoles particuliers, permettraient de déterminer les mécanismes d'une meilleure prise en compte des préoccupations et de valeurs de tous les acteurs concernés par la conservation et la mise en valeur de ce bassin versant. C'est là l'intérêt des approches participatives d'aide multicritère à la décision en contexte multi acteurs.

3.2.2 Problème spécifique

Pour inverser la tendance à la dégradation du fleuve, le Niger compte mettre en chantier le programme Kandadji de régénération des écosystèmes et de mise en valeur de la vallée du fleuve Niger (voir chapitre IX). Cet ouvrage affectera plusieurs écosystèmes du fleuve parmi lesquels, des milieux humides comme les mares, les prairies inondables et aussi des zones d'importance pour la conservation des oiseaux. Une évaluation environnementale et sociale a été réalisée pour le programme Kandadji, sans tenir compte des impacts liés aux aménagements qui découleront de la présence de cet ouvrage structurant. Cela risque de fragiliser encore plus l'équilibre écologique de ce milieu déjà en proie à des défis multiformes qui se manifestent aussi bien sur les plans environnemental que socioéconomique. En effet la FAO (1993) indiquait déjà que de nombreux signes attestent que le paysage nigérien subit des modifications profondes parfois irréversibles et accentuées depuis les années 60. Pour faire face à cette situation, le Niger a élaboré un plan national de l'environnement pour un développement durable (PNEDD) pour canaliser les efforts dans ce sens. Dans le domaine de la biodiversité, le pays a signé et ratifié la Convention des Nations

Unies sur la Diversité Biologique (CDB), respectivement les 11 juin 1992 et 25 juillet 1995. Il s'est aussi doté d'une stratégie nationale et d'un plan d'action en matière de diversité biologique en décembre 1998 (CNEDD, 1998) (voir chapitre I section 1.3.4). Ce document est le cadre de référence et de planification de toutes les actions en matière de diversité biologique. Ainsi, il est admis qu'au Niger, les populations ne sont pas suffisamment impliquées dans la gestion de la diversité biologique. De même, il a été relevé que la biodiversité n'est pas prise en compte dans la conception et la mise en œuvre des actions de développement (CNEDD, 2009a). Ce qui explique largement la situation environnementale décrite au chapitre I. Il est dans ce contexte indispensable de dépasser l'étude d'impacts de projets qui est assez limitée pour intégrer l'environnement (voir chapitre V) dans la mise en œuvre d'un programme de la dimension de Kandadji.

Cette recherche cadre avec la stratégie nationale de la conservation et de valorisation de la biodiversité (CNEDD, 1998) en contribuant à l'atteinte de l'objectif stratégique 4 qui consiste à concevoir des modèles et techniques de gestion intégrée et durable des ressources biologiques. Ceci permettra une meilleure prise en compte de la biodiversité aquatique dans la conception et la mise en œuvre des actions de développement liées à l'aménagement des bassins fluviaux.

En prenant en compte les contextes socioéconomique et environnemental de même que les problèmes de conservation de la biodiversité au Niger (voir chapitre I sections 1.3.4 et 1.3.5) plusieurs questions émergent. Elles sont en lien entre autres avec l'insuffisance des connaissances sur la biodiversité, la participation des parties prenantes, la prise en compte de la biodiversité dans la planification stratégique des actions de développement. Cependant, cette recherche se penche sur deux questions majeures:

- comment systématiser et encadrer l'implication des principaux acteurs concernés par la gestion des ressources dans le bassin du Niger au Niger dans le processus décisionnel de conservation de la biodiversité?
- comment concilier les objectifs de conservation de la biodiversité et l'optimisation de l'exploitation des potentialités agricoles et hydroélectriques d'une zone de barrage comme celle du programme Kandadji ?

3.3 But et objectifs de l'étude

3.3.1 But de l'étude

Le but poursuivi à travers cette étude est de contribuer à une meilleure conservation de la biodiversité dans les bassins versants ouest-africains en relation avec le développement hydroélectrique. Pour aboutir à cette finalité, il s'avère nécessaire de procéder à une meilleure coordination des actions de développement et de mise en valeur des ressources en prenant en compte à la fois les réalités écologiques, économiques, socioculturelles et politiques.

3.3.2 Objectifs de l'étude

Il s'agit principalement de contribuer à une meilleure conservation de la biodiversité lors de la planification et de l'exploitation des zones de barrages en Afrique de l'Ouest par le développement d'une démarche éprouvée d'évaluation environnementale stratégique. Cela passe par l'application d'un modèle participatif d'aide multicritère à la décision dans un contexte multi acteurs. Un test aux fins de validation du modèle, sera réalisé et consistera en une simulation réaliste de comparaison d'options potentielles d'exploitation d'un sous bassin fluvial, celui du fleuve Niger au Niger. Plus spécifiquement, nous voulons :

- concevoir un modèle d'évaluation environnementale stratégique adapté pour le développement des activités dans la zone d'un grand barrage en Afrique de l'Ouest;
- tester par simulation le processus sur le cas du programme Kandadji au Niger pour déterminer son efficacité pour la prise en compte de la biodiversité aquatique.

L'atteinte de ces objectifs nécessite la revue des concepts d'aménagements fluviaux, d'évaluation environnementale et finalement d'aide multicritère à la décision. Cela passe par l'élaboration d'une grille d'analyse multicritère et consistera à identifier les préoccupations et les enjeux liés aux aménagements de bassins fluviaux et à définir des critères et indicateurs pertinents de comparaison des options de mise en valeur des zones de barrages. Ce dispositif se fera suivant une approche participative et itérative impliquant toutes les parties prenantes à la mise en valeur de la portion du bassin du Fleuve Niger au Niger.

3.4 Contributions attendues de la recherche

L'intérêt de ce travail se situe à différents niveaux. Ainsi, il permettra :

- sur le plan social, de contribuer à la lutte contre la pauvreté par une meilleure gestion de la diversité biologique qui soutient les sociétés humaines sur les plans écologiques, économiques, socioculturels et spirituels;
- sur le plan scientifique, de contribuer au développement et à l'application d'un processus d'évaluation environnementale stratégique et d'aide multicritère à la décision comme outil de gestion de la biodiversité dans un contexte multi acteurs. Ceci passe par l'identification des enjeux et l'adaptation d'un processus d'AMCD qui intègre les parties prenantes (y compris les populations locales) à toutes les phases de la prise de décision;
- sur le plan méthodologique, de développer et tester un processus qui pourrait être adapté à des situations similaires de prise de décision dans le contexte ouest-africain. La contribution de la recherche sera de constituer une grille d'analyse multicritère spécifique à l'atteinte de l'objectif de conservation de la biodiversité dans le contexte particulier de la gestion du bassin du fleuve Niger. Plus généralement, ce processus contribuera à la préservation et l'amélioration de la qualité de l'environnement ainsi que la gestion durable des ressources en eau à l'échelle régionale.

Les contributions originales de la thèse portent principalement sur deux aspects inter reliés. La première contribution, d'ordre méthodologique porte sur la construction d'une grille d'analyse, formée des critères et indicateurs, dédiée spécifiquement à la détermination des enjeux et impacts multidimensionnels des propositions d'aménagement de bassins fluviaux sur la biodiversité. Elle transcende de ce fait les considérations écologiques de la conservation de la biodiversité en intégrant la valorisation des ressources et aussi la participation des acteurs. Ainsi, la deuxième contribution porte sur la mise en place d'un processus participatif et itératif en deux temps. Dans un premier temps, c'est principalement la participation contributive des experts qui est recherchée pour consolider la grille d'analyse initiée à partir d'une revue de littérature. Dans un deuxième temps, ce sont les parties prenantes qui sont mobilisées pour s'approprier la grille d'analyse. Cela a permis d'engager un processus de négociation dans une démarche de responsabilisation de toutes les parties engagées, amorçant des transformations et des changements structurels nécessaires à la conservation de la biodiversité.

DEUXIÈME PARTIE

CADRE THÉORIQUE ET APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE

CHAPITRE IV

CADRE THÉORIQUE SUR LA BIODIVERSITÉ

Ce chapitre traite des concepts liés à la biodiversité avant d'aborder ses enjeux, son état actuel et les efforts entrepris pour faire face à la crise qu'elle traverse. La question est traitée globalement sans cibler spécifiquement l'Afrique de l'Ouest. Mais, on peut estimer que «*les mêmes causes produisant les mêmes effets*», cela permettra de comprendre la problématique de la biodiversité dans les bassins fluviaux africains.

4.1 Concept de biodiversité

Le concept de diversité biologique (*biological diversity*) semble avoir été proposé pour la première fois en 1980 par Norse et McManus et avoir été utilisé la même année par Thomas Lovejoy, puis en 1986 par Norse et *al.* (Dajoz, 2008). Mais la forme contractée biodiversité (*biodiversity*) a été employée pour la première fois en 1985 par Walter G. Rosen (Barbault, 1997; Levrel, 2006 ; Dajoz, 2008). Ainsi, dans le cadre de cette recherche, les notions de diversité biologique et de biodiversité sont considérées synonymes même si par ailleurs, le premier terme est celui qui est officiellement utilisé et défini dans les textes de la convention sur la biodiversité. Plusieurs définitions ont été proposées pour ce concept, mais, toutes intègrent trois (3) composantes principales que sont : la diversité des espèces, la diversité de leurs gènes et la diversité des milieux ou écosystèmes. Ces trois dimensions sont en interactions (figure 4.1) (Barbault, 1997) ce qui fait dire à Lepart (2005) que cette notion est beaucoup trop générale pour être opérationnelle. La Convention sur la Diversité Biologique (CDB) (CDB, 1992) en son article 3 précise que: «*la diversité biologique ou biodiversité, comprend donc la variabilité des organismes vivants de toute origine y compris, entre autres, les écosystèmes terrestres, marins et autres écosystèmes aquatiques et les complexes écologiques dont ils font partie; cela comprend la diversité au sein des espèces et entre espèces ainsi que celle des écosystèmes* ». Plutôt descriptive, cette définition (Barbault et al, 2003) n'est pas tout à fait opérationnelle ce qui peut poser des problèmes d'application pratique. En effet, dans certains cas, dans les milieux aquatiques en particulier, il peut s'avérer difficile de délimiter spatialement un écosystème. Alors il faut préférer celle qu'en

donne Haigneré (2002), qui correspond à une approche dynamique (Barbault et *al.*, 2003). La biodiversité se traduit par la richesse spécifique des écosystèmes (dimension plus connue par le public) et aussi par la multiplicité des interactions dynamiques entre des gènes et protéines dans des organismes, des espèces dans un milieu, et cela des bactéries aux grands mammifères et du plus petit écosystème jusqu'à la biosphère dans son ensemble (Haigneré, 2002). Un milieu riche en biodiversité est donc un endroit composé de divers écosystèmes avec diverses espèces qui ont divers gènes et avec diverses interactions entre ces diverses composantes à la fois interdépendants et intra-dépendants. Les différentes variables de la biodiversité sont difficiles à définir (Levrel, 2006) et cela pose la question de la bonne cible pour la conservation. À ce propos, Loreau et *al.* (2004) relèvent que le choix de préserver les espèces ou les écosystèmes est un problème majeur en biologie de la conservation. Ainsi, ce sont surtout les espèces les plus emblématiques et connues qui font l'objet d'attention en matière de conservation (Sitas et *al.* 2009). Nous estimons que l'approche globale dite par *filtre brut*, de préservation de l'écosystème dans son intégralité et celle dite par *filtre fin* et qui regroupe des mesures plus spécifiques qui s'appliquent à chaque espèce, sont complémentaires. Ces deux approches ne devraient d'ailleurs pas être opposées puisque les espèces et les écosystèmes sont liés (..) et dans le long terme, il est peut être impossible de conserver l'une sans conserver l'autre (Loreau et *al.* 1995). Ainsi, les impacts et les menaces sur les écosystèmes ainsi que sur les populations d'espèces doivent faire l'objet d'attention dans la mesure du possible (Nel et *al.* 2009). Nous y reviendrons aux chapitres VI et VII.

Notons aussi que le concept de biodiversité renvoie avant tout à l'homme qui convoite cette richesse jusqu'à la menacer et qui ne peut s'en passer pour son développement (Barbault, 1997). D'où l'intérêt de mettre en débat la question de la conservation de la biodiversité.

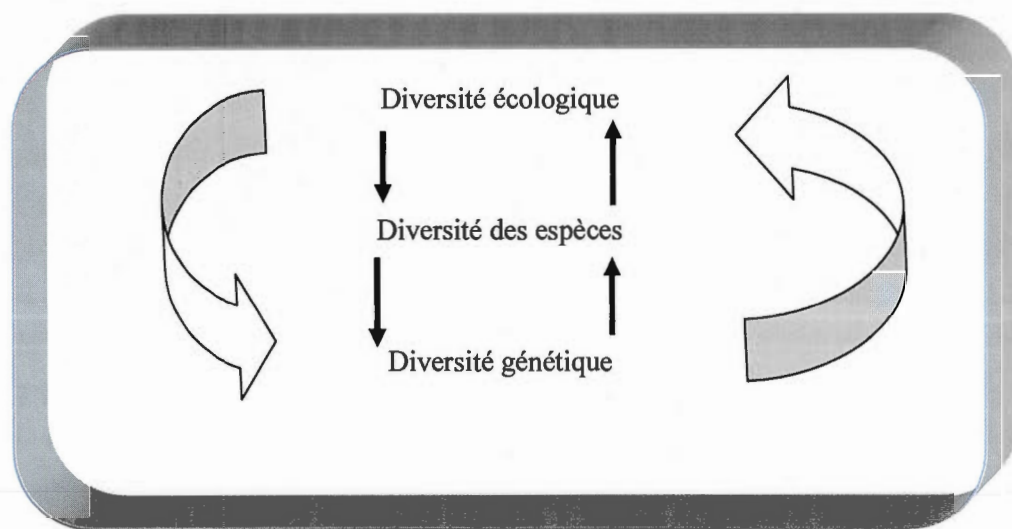


Figure 4.1 Concept de biodiversité et interactions entre les composantes.

(D'après Di Castri et Younés, 1995 rapporté par Barbault, 1997, modifié).

4.2 État actuel de la biodiversité

Sur les quatre milliards d'espèces estimées avoir évolué sur la Terre au cours des 3,5 derniers milliards d'années, quelque 99% sont éteintes (Barnosky et *al.* 2011). En effet, la Terre a connu déjà plusieurs épisodes d'extinctions, dont : les grandes extinctions marquant la fin de l'Ordovicien (- 438 Millions d'années) (Ma), du Dévonien (-367 Ma), du Permien (- 248 Ma), du Trias (- 208 Ma) et du Crétacé (- 65 Ma) (Teyssedre, 2004). Ces épisodes ont entraîné la disparition de 65 à 85 % de la biodiversité, et jusqu'à 95 % au moment de l'épisode du Permien (Dubois, 2004). La disparition des espèces est donc un phénomène naturel (Barnosky et *al.* 2011), elle l'était du moins auparavant. Actuellement par contre, les activités anthropiques sont de plus en plus mises en cause (Hooper et *al.* 2005; Brooks et *al.* 2006) (voir aussi section 4.4). Relevons que la durée de vie des espèces est comprise entre un et deux millions d'années pour les mammifères, et autour de dix millions d'années pour les invertébrés terrestres et marins (Barbault, 2000). Mais, le nombre d'espèce reste mal connu (Salles, 2010) et les données sont du registre de l'approximation, de l'extrapolation et de l'exagération (Arnould, 2006). L'UICN (2006) chiffre le nombre d'espèces connues entre 1,7 à 1,8 million. Toutefois, cela ne constitue que la partie visible de l'*iceberg* car le nombre total d'espèces varie selon les auteurs de 3 à 100 millions d'espèces (May, 1992, cité par Arnould,

2005). Si nous considérons ces derniers chiffres et une durée de vie maximale de 10 millions d'années, nous pouvons en déduire que de 0,3 (3/10) à 10 espèces (100/10) peuvent disparaître par an sans que la biodiversité totale ne diminue. Mais, nous savons qu'à la différence des crises passées qui se sont déroulées sur plusieurs millions d'années, cette 6^{ème} extinction massive (MEA, 2005; Butchart, 2010; Barnosky et al., 2011) est beaucoup plus rapide (Sala et al. 2000). Elle serait de 100 à 1000 mille fois supérieure au taux de base (Stuart Chapin III et al. 2000; Brown, 2003; Blondel, 2005; MEA, 2005; Marty et coll., 2005; Hanski, 2005; Brooks et al., 2006; Rahbek et Colwell, 2011). Même si selon He et Hubbell (2011) il faut diviser ces estimations par 2,5 - ce qui nous éloignerait des 100 espèces de disparition journalière annoncées par une publication de l'UNESCO (Arnould, 2005) - la situation n'en est pas moins préoccupante. Ainsi, la *Liste Rouge* 2011 de l'UICN répertorie 61914 espèces dont 801 sont éteintes, 64 éteintes à l'état sauvage, 3 879 sont en danger critique d'extinction, 5 689 sont en danger, 10 002 sont vulnérables et 2 7124 font l'objet de préoccupations mineures. Même si pour certains auteurs le nombre d'espèces est inconnue (Barnosky et al. 2011), 15 millions étant le chiffre le plus généralement accepté (UICN, 2006). Probablement moins de 10% des espèces ont été décrites et le fonctionnement des écosystèmes est mal connu (Mindell, 2009). Les estimations sur les pertes sont donc certainement en deçà de la réalité (Barnosky et al. 2011). Ainsi, diverses espèces, y compris les plus emblématiques parmi lesquelles 25% des mammifères de la planète, sont menacées (Dirzo et Loreau, 2005). Comme relevé au chapitre II, les espèces d'eau douce sont parmi les plus menacées. Selon des évaluations récentes de l'état mondial des espèces des zones humides, le pourcentage d'espèces considérées comme menacées est de 38% pour les mammifères dépendant des eaux douces, 33% pour les poissons d'eau douce, 26% pour les amphibiens d'eau douce, 72% pour les tortues d'eau douce (De Groot et al, 2007).

En fait, 5% de la diversité biologique existante est perdu chaque décennie ce qui pourrait entraîner la disparition de 2/3 de toutes les espèces avant la fin du XXI^{ème} siècle (Marty et coll., 2005). Les modèles de la biodiversité prévoient qu'extinctions d'espèces, perte d'habitats naturels et changements dans la distribution et l'abondance des espèces, des groupes d'espèces et des biomes se poursuivent tout au long du siècle (Leadley et al., 2010) avec des pertes particulièrement importantes en Asie et en Afrique (OCDE, 2008).

Fort heureusement, depuis le vingtième siècle, il y a une prise de conscience collective des enjeux que porte la diversité du vivant et des menaces qui pèsent sur elle (Barbault et Chevassus-au-Louis, 2004). En effet, depuis cette période, un double mouvement portant sur des mesures de protection et de conservation, mais aussi des efforts d'enrichissement, s'est amorcé en faveur de la biodiversité (Auroi, 1992). Cependant, il a fallu attendre le Sommet planétaire de Rio de Janeiro, en juin 1992 pour que le concept de biodiversité s'impose au monde (Lepart, 2005). Dix ans plus tard, à Johannesburg, les exigences d'action étaient rappelées et l'engagement était pris de freiner l'érosion de la biodiversité à l'horizon 2010 (Barbault et Chevassus-au-Louis, 2004). Toutefois, l'objectif fixé en 2002 de réduire en 2010 l'appauvrissement de la diversité biologique n'a pas été atteint (Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique, 2010), malgré quelques succès enregistrés à des échelles locales (Rands et *al.*, 2010). Les modèles de *développement* en œuvre depuis plus de deux siècles d'industrialisation (voir chapitre II) contribuent largement à cette situation. En effet, ces modèles ont sévèrement perturbé les rapports fragiles et complexes par lesquels tout être vivant se rattache aux autres et au milieu naturel qui l'entoure (Deléage, 1991). Un nouveau plan stratégique 2011-2020 est adopté par la 10^{ème} conférence des parties à la convention sur la diversité biologique afin de poursuivre les engagements pris en 2002 à Johannesburg.

4.3 Enjeux liés à la biodiversité

Au plan mondial, 40% de l'économie repose sur les produits biologiques et les processus écologiques (Barbault et Chevassus-au-Louis, 2004). L'espèce humaine ne saurait s'affranchir des contingences biologiques, quelle que soit l'ampleur des progrès envisagés dans l'avenir (Ramade, 1989). Une conservation de la biodiversité est indispensable à la survie de l'humanité et au maintien des processus écologiques (Rands et *al.*, 2010).

Les évaluations faites dans la stratégie mondiale de la conservation par l'UICN en 1980 indiquent que 4,5% du produit intérieur brut des États-Unis proviendraient d'espèces sauvages représentant à la fin des années 70, environ 87 milliards de dollars US. Ce pays a réalisé en 1997 un chiffre d'affaires compris entre 75 et 150 milliards de dollars US sur des médicaments dérivés de ressources génétiques (Sukhdev et *al.* 2008). Par ailleurs, bien que la valeur de la production de nourriture en l'an 2000 ne représentait qu'environ 3% du produit mondial brut, la main-d'œuvre agricole représente approximativement 22% de la population

du globe, soit la moitié de la main-d'œuvre totale et 24% du PIB des pays à faibles revenus (MEA, 2005). À Madagascar, l'économie dépend des ressources naturelles pour au moins 50%, et 9 emplois sur 10 y sont liés directement (Goedefroit et Revéret, 2007). La biodiversité est donc indéniablement porteuse d'enjeux économiques. Outre les revenus monétaires et la nourriture qu'elle procure, la biodiversité est aussi porteuse d'enjeux écologiques, sociaux et même culturels. La biodiversité, surtout tropicale, est à la fois support de vie quotidienne, source de revenus monétaires et de services écosystémiques (pour plus de détails voir De Groot et *al.* 2007; Bagnoli et *al.*, 2008). En outre, la faune et la flore sauvages ont un pouvoir d'attraction important pour les loisirs et le tourisme. Par exemple, en Floride, la valeur économique totale des activités d'observation de la faune et de la flore sauvages était estimée à 1,6 milliard de dollars US en 2001 (De Groot et *al.*, 2007).

Par ailleurs, la biodiversité comporte une importance éthique et esthétique qui profite à des activités écotouristiques (Bahuchet et Mckey, 2005). Ces activités sont la source principale de devises au Kenya, en Équateur, au Costa Rica, à Madagascar et au Népal. Au Kenya par exemple, les terres de parcs nationaux rapportent USD 40 par hectare et par an, alors qu'en exploitant ces espaces à des fins agricoles, ils n'en rapporteraient que 0,8 dollars US à l'hectare (Barbault, 1997). C'est le cas aussi dans le bassin du Niger où l'exploitation rizicole s'est avérée moins rentable que l'exploitation piscicole par exemple (voir chapitre I).

Au-delà des chiffres, il est à remarquer un changement de paradigme dans l'évaluation des valeurs de la biodiversité au courant des années 1980. Ainsi, l'idée de service écosystémique (cf. figure 4.2) qui est apparue à partir de 1983 à travers les travaux d'Ehrlich et Mooney (Andriamahefazafy et *al.* 2012) a eu une reconnaissance internationale dans le *Millennium Ecosystem Assessment* (Bonin et Antona, 2012) même si le Costa Rica a fait figure de pionnier en l'intégrant dès 1996 dans ses politiques publiques (Le Coq et *al.* 2012). Ces services sont classés en quatre catégories : les services d'approvisionnement (aliments, énergie, etc.), les services de régulation (du climat global, de la quantité et qualité de l'eau, etc.), les services d'appui ou de soutien (formation de sols, développement du cycle nutritionnel, etc.), et les services culturels (bénéfices d'agrément, d'ordre spirituel, religieux, etc.) (MEA, 2005; Forger et *al.*, 2012; Serpantié et *al.*, 2012). En prenant en compte ces services, Constanza et *al.* (1997) ont estimé qu'à l'échelon mondial, les écosystèmes d'eau

douce par exemple produisent un bénéfice annuel 8 700 milliards de dollars US. C'est beaucoup plus que ce que la récession économique de 2008 a coûté à l'économie mondiale! L'importance économique des zones humides et leurs services écosystémiques est estimé entre USD 14 000 milliards (De Groot et *al.*, 2007) et USD 15 000 milliards de dollars par an (MEA, 2005). L'utilisation durable et multifonctionnelle d'un écosystème est plus rationnelle d'un point de vue écologique mais présente aussi plus d'avantages économiques aux communautés locales et à la société dans son ensemble (Balmford et *al.*, 2002). La biodiversité et un bon fonctionnement des écosystèmes contribuent au bien être social (Dirsol et Raven, 2003; MEA, 2005; Bagnoli et *al.*, 2008; Salles, 2010). De ce fait, le concept de service écosystémique est devenu un important modèle liant fonctionnement des écosystèmes et bien être humain (Fisher et *al.* 2009).

Le bien-être de l'homme dépend fondamentalement et directement des services rendus par les écosystèmes (Sukhdev et *al.* 2008). Aussi, la dégradation de 60% des écosystèmes mondiaux (Markandya et *al.* 2008) ainsi que des autres composantes de la biodiversité a des conséquences néfastes sur la société et l'économie (Hoffmann et *al.* 2010), ce qui menace l'évolution vers une société durable. Notre avenir et celui des générations futures, sont ainsi liés au sort que nous réservons à l'ensemble des écosystèmes et des ressources vivantes qu'elles abritent. Malheureusement, jusqu'à présent, les différentes valeurs de la biodiversité ne sont pas toujours prises en compte dans les décisions concernant l'utilisation des sols, des ressources et les investissements (UICN, 2008). De plus, les mesures prises pour appliquer la CDB n'ont pas été d'une ampleur suffisante pour faire face aux pressions qui s'exercent sur la diversité biologique de la plupart des régions. Les questions relatives à la diversité biologique ont été insuffisamment intégrées dans les politiques, les stratégies et les programmes généraux et les facteurs profonds responsables de l'appauvrissement de la diversité biologique n'ont pas été suffisamment traités (Secrétariat de la convention sur la biodiversité, 2010).

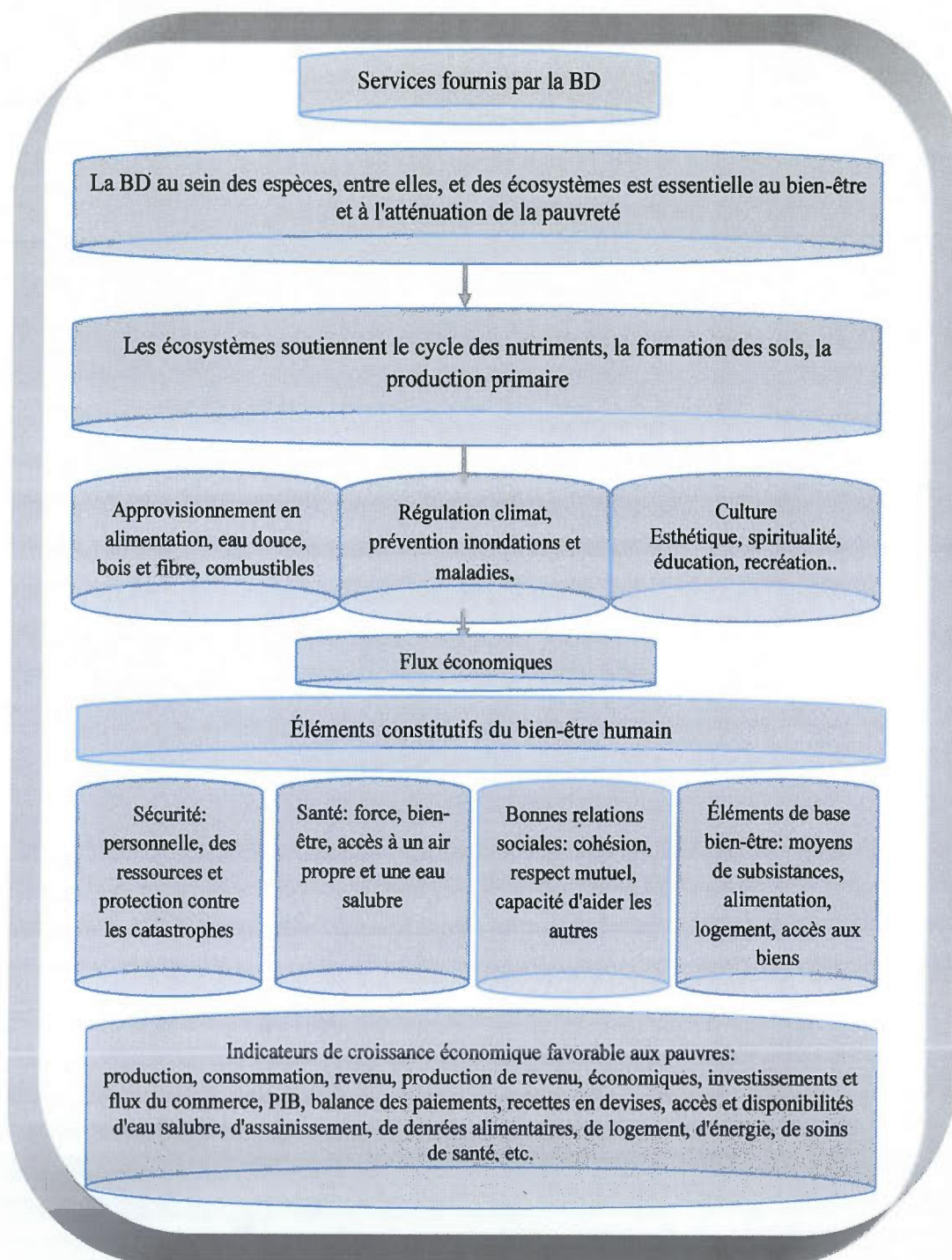


Figure 4.2 Services fournis par la diversité biologique.
Source adapté de S/CDB (2009).

4.4 Causes de la perte de biodiversité

L'extinction de la biodiversité est liée à diverses causes (Barbault et Chevassus-au-Louis, 2004) (voir figure 4.3). Elle résulte de la combinaison et de l'interaction entre certains facteurs comme la surexploitation, les pollutions, la destruction/dégradation d'habitats, l'invasion des espèces exotiques, la modification du régime hydrologique (Barbault, 1997; OCDE, 1999; Brown, 2003; Agostinho et *al.* 2005; Buckley, 2005; Dudgeon et *al.* 2005; Leadley et *al.*, 2010; Butchart et *al.* 2010; He et Hubbell, 2011). Ces principales causes sont restées constantes ou ont vu leur intensité augmenter (Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique, 2010). Dans le cas des milieux naturels, leur dégradation provient surtout des pollutions mais aussi des aménagements des cours d'eau (Barbault, 1997). Par ailleurs, les changements et la variabilité climatiques portent aussi atteinte à la biodiversité (OCDE, 1999; Brown, 2003; Buckley, 2005, Butchart et *al.*, 2010; Leadley et *al.*, 2010; He et Hubbell, 2011). Un réchauffement global de 0,8 °C à 2,2 °C en 2050 devrait se solder par l'extinction de 15 % à 37 % des espèces de papillons, vertébrés et plantes terrestres peuplant les diverses grandes régions considérées (Thomas et *al.*, 2004; cités par Teyssedre, 2004). Mais il faut prendre les modèles prévisionnels des impacts des changements climatiques sur la biodiversité avec prudence puisqu'ils n'intègrent pas par exemple l'acclimatation des espèces (Willis et *al.*, 2009). Ces changements globaux agissent directement sur les espèces et indirectement sur les écosystèmes en provoquant un changement dans la phénologie et la physiologie des espèces, un changement de distribution des espèces et enfin un changement de composition des écosystèmes et des interactions interspécifiques (Truiller, 2005).

Aux causes directes précitées, il faudrait ajouter d'autres causes indirectes parmi lesquelles la croissance démographique et l'insuffisance des connaissances qui ne permettent pas toujours de prévoir l'évolution des ressources. L'homme est le plus grand facteur de perturbation responsable des extinctions (Ramade, 1999; Barbault, 2000; Wilson, 1993 cité par Marty et coll., 2005; Rahbek et Colwell, 2011). En effet, il y a une corrélation positive entre la croissance et la densité de la population et les menaces sur la biodiversité (Luck, 2007; Fjeldsa et Burgess, 2008) (voir annexe 4). On constate ainsi que l'installation de l'homme dans une région s'accompagne souvent de la disparition de certaines espèces. De ce fait, le déclin devrait encore s'accroître au cours des décennies à venir (Sukhdev et *al.* 2008).

Ces actions anthropiques agissent différemment sur les composantes biologiques. Ainsi, pour les animaux, ce sont surtout la destruction des habitats, la surexploitation, et les introductions d'espèces qui sont en cause, contribuant chacune pour environ un tiers alors que pour les végétaux, la transformation des terres joue un rôle majeur (Lévêque, 1997). On peut remarquer que dans le cas des végétaux comme dans celui des animaux, l'impact des activités humaines sur la biodiversité s'exprime principalement par des modifications d'habitats (Ehrlich, 1988 cité par Fritz, 2005). Le moyen de protection le plus important de la biodiversité est donc la protection des habitats (Barbault, 1997) puisque la destruction anthropique des habitats et leur fragmentation sont considérées comme les principales causes de la perte de biodiversité (Gonzalez *et al.*, 2002; Wilson, 1988; Tilman *et al.*, 2001; Rosenzweig 2003, cités par Teyssedre, 2004; Gontier *et al.*, 2006;). Plusieurs études prédisent que la perte d'habitat peut causer entre 20 et 50 % d'extinction de toutes les espèces en seulement un demi-siècle (Barnosky *et al.* 2011). Cela fait de la perte d'habitats le problème majeur de la conservation de la biodiversité au cours du 21^{ème} siècle. En fait, la destruction des habitats explique à elle seule les menaces d'extinction de 68% des mammifères, 77% des amphibiens et jusqu'à 78% des poissons (Reid et Miller, 1989, cités par Barbault, 1997). Le pourcentage d'espèces aquatiques concernées, indique une plus grande influence de ce phénomène sur les pertes de biodiversité.

Ce facteur d'extinction devrait donc de plus en plus nous préoccuper puisque la dégradation des habitats continue partout dans le monde. Dans la majorité des pays tropicaux, les milieux naturels sont détruits à plus de 70%, jusqu'à 89% en Gambie (Barbault, 1997). Ce chiffre serait certainement revu à la hausse dans les autres pays de l'Afrique de l'Ouest, du fait des aléas climatiques combinés à une forte poussée démographique, comme dans le cas du Niger (voir chapitre I). Rappelons tout de même que la protection des habitats n'exclut pas celle des espèces (voir aussi section 4.1).

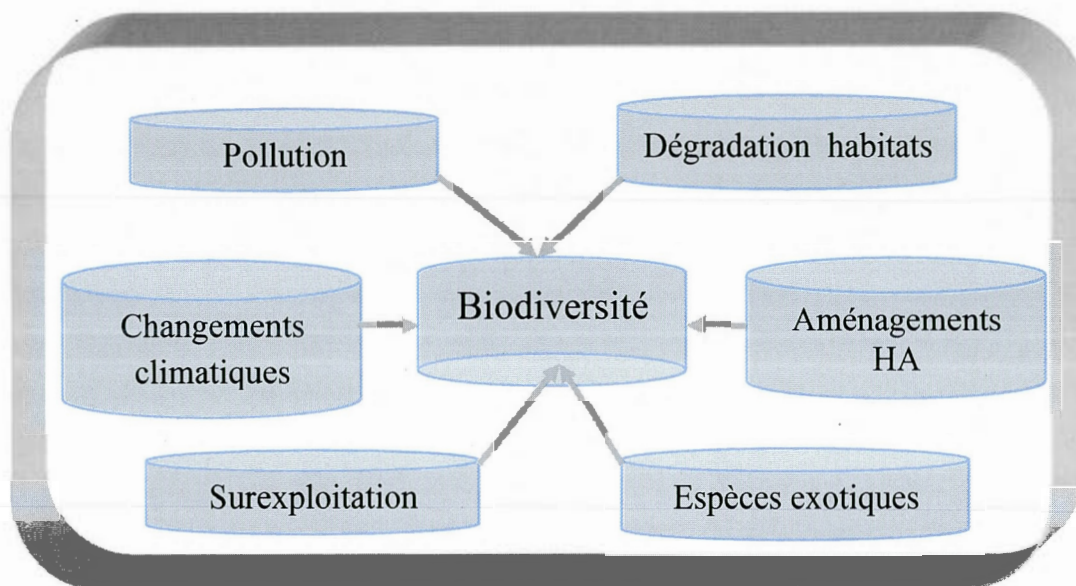


Figure 4.3 Effets des activités anthropiques sur la biodiversité.

4.5 Enseignements et perspectives

Face à l'extinction de la biodiversité, la biologie de la conservation a émergé comme une réponse de la communauté scientifique (Barbault, 1997). Nous adhérons à la philosophie actuelle de cette science qui prône une conservation de la biodiversité pour le bien des générations présentes et futures. Selon une définition admise par de nombreux scientifiques, la conservation est la gestion et l'utilisation judicieuse de la nature et de ses ressources, pour le bénéfice des sociétés humaines ainsi que pour des motifs éthiques (Lévêque, 1997). De ce fait, trois conditions prioritaires sont nécessaires pour une conservation de la biodiversité. Il s'agit de la préservation de la diversité biologique, son exploitation rationnelle et le maintien des processus écologiques fondamentaux (Ramade, 1999). La conservation est donc une notion positive (UICN, 1980). Cette acception est le fruit d'une lente évolution, les premières idées étaient plutôt de protéger les ressources, c'est-à-dire une mise « sous cloche » qui les soustrait ainsi aux gaspillages. Cela a commencé à la fin du XIX^{ème} avec la création, aux États-Unis en 1872, du premier parc national du monde, celui de Yellowstone (Génot et Barbault, 2004). Selon ces auteurs, c'est la création en 1948 de l'Union internationale pour la protection de la nature, transformée huit ans plus tard, en *International Union for Conservation of Nature and Natural Resources* (Union Internationale pour la Conservation

de la Nature, UICN) qui entérine l'idée que la préservation de la nature doit s'inscrire dans une perspective plus large d'utilisation rationnelle de celle-ci et de ses fruits pour le bénéfice de l'homme. Par la suite, un pas véritable est franchi avec la publication en 1980 de la Stratégie Mondiale de la Conservation sous l'égide du *World Resources Institute*, de l'UICN et du PNUE. Cette stratégie exprime en effet, le besoin de sauvegarder le fonctionnement des processus écologiques tout en prêtant attention aux exigences de développement et à l'utilisation à la fois durable et équitable des ressources et richesses biologiques de la planète. L'avancée majeure apportée par cette stratégie, est l'insistance sur le fait que la conservation de la biodiversité ne se réduit pas à la protection des espèces sauvages dans des réserves naturelles mais consiste aussi et principalement à sauvegarder les grands écosystèmes de la planète appréhendés comme la base même et le support du développement. Pour cela, l'homme a un rôle important à jouer. C'est dans cet esprit que l'UNESCO a lancé en 1970 le programme «*man and biosphere (MAB)*». Ce programme s'est concentré sur le Réseau mondial de réserves de biosphère⁹, concept qui a été initialement développé en 1974, et considérablement révisé en 1995 avec l'adoption par la Conférence générale de l'UNESCO de la Stratégie de Séville¹⁰ et du Cadre statutaire du Réseau mondial des réserves de biosphère.

On retiendra qu'il n'est ni souhaitable ni d'ailleurs possible de conserver la biodiversité par une *mise sous cloche* des ressources qui fournissent des services indispensables au bien-être de l'humanité et des générations futures. Il est donc indispensable de prendre en compte le plutôt possible dans le processus de planification, les préoccupations et enjeux découlant des actions de développement en lien avec la biodiversité. Cela passe d'une part par la prise en compte des enjeux et de la complexité des systèmes biologiques et d'autre part par l'intégration et de la prise en compte des préoccupations des parties en présence. En effet, on ne peut plus considérer l'homme comme une espèce invasive et prédatrice (Levrel, 2006).

⁹ Une réserve de biosphère est un espace multi-objectif (conservation, développement économique, formation et recherche scientifique), multi-usages et multi acteurs, qui s'appuie sur un système de zonage lui permettant d'assurer ses fonctions. Les acteurs et les institutions qui interviennent dans cet espace peuvent avoir des relations et intérêts différents par rapport au temps, à la propriété, à la nature et peuvent parfois s'opposer (Bouamrane, 2006).

¹⁰ La Stratégie de Séville recommande d'utiliser les réserves de biosphère comme modèles d'aménagement du territoire et lieux d'expérimentation du développement durable et aussi de « préparer des lignes directrices pour les problèmes clés que pose la gestion des réserves de biosphère, y compris la résolution des conflits, l'octroi de bénéfices localement, et la participation des partenaires à la prise de décision et à la responsabilité de la gestion » (Bouamrane, 2006).

CHAPITRE V

CADRE THÉORIQUE SUR L'ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE ET L'AIDE MULTICRITÈRE À LA DÉCISION

Le chapitre précédent a porté sur les menaces et les enjeux liés à la biodiversité ainsi que sur quelques mesures de conservation. Ce chapitre est consacré au cadre théorique de l'évaluation environnementale et de l'aide multicritère à la décision, perçues comme outils de prise en compte de la biodiversité. Les aspects abordés représentent un résumé de ce qui est considéré comme pertinent à développer pour l'éclairage théorique de la recherche. Le chapitre est scindé en deux sections. La première section donne une brève introduction du concept d'évaluation environnementale de projet ou étude d'impact environnementale. Puis nous nous focaliserons sur l'évaluation environnementale des politiques, plans et programmes (PPP) qui sera désignée sous le vocable d'évaluation environnementale stratégique (ÉES). Dans la deuxième section, nous aborderons le concept d'aide multicritère à la décision (AMCD) qui est considéré ici comme un outil privilégié de l'ÉES.

5.1 Historique et évolution du concept d'évaluation environnementale

Les préoccupations du public pour l'environnement remontent au XIX^e siècle. À cette époque, les américains exprimèrent leurs préoccupations pour la préservation des habitats naturels (exemple du parc Yellowstone) en adoptant des lois pour protéger des espèces ou des écosystèmes et en créant des réserves et des parcs nationaux (Clark, 1994). Malgré ces lois et interventions, on ne se souciait guère des menaces sur l'environnement naturel. Ce dossier prit de l'ampleur seulement au cours des années de croissance économique qui suivirent la seconde guerre mondiale surtout après la publication en 1962 aux USA du livre, intitulé *Printemps silencieux*, de Rachel Carson, qui souligne le danger des pesticides sur les oiseaux et sur l'homme. Ce qui contribua à relancer le mouvement écologique dans le monde. Cette prise de conscience a aussi été favorisée par la crise énergétique, qui a brutalement souligné l'épuisement rapide de certaines ressources jusque-là considérées inépuisables. Dès lors, le citoyen devient plus réceptif au discours des mouvements écologistes, de mieux en mieux organisés et actifs (Hamel, 1986).

Le congrès des États-Unis d'Amérique répondit alors aux problèmes environnementaux qui affligent le monde contemporain d'après-guerre par l'adoption de lois. Ces lois ne prévoyaient toutefois aucun processus gouvernemental qui aurait permis de prendre en

compte les valeurs environnementales dans une optique multidisciplinaire intégrée à la planification des projets¹¹, des plans, des programmes et des politiques et au processus de prise de décision (Parent, 2002).

C'est sous la pression du public et en vue de corriger cette lacune, que le gouvernement des États-Unis adopte en 1969, le *National Environment Policy Act* (NEPA) ou loi sur la politique nationale de l'environnement (LPNE). Cette loi, entrée en vigueur dès janvier 1970, établit un cadre pour l'évaluation des impacts environnementaux. C'est donc ce premier texte législatif qui lance les concepts d'«évaluation des impacts sur l'environnement» et de «rapport d'évaluation des impacts» (Ibid). Toutefois, l'approche n'est pas très rigoureuse et ne s'appuie pas nécessairement sur des bases scientifiques très élaborées. En effet, l'accent est davantage mis sur le forum public et les procédures sont laissées aux promoteurs des projets qui y sont soumis (Leduc et Raymond, 2000).

Parallèlement, le développement des méthodologies et des méthodes prennent une grande importance. Dès les premières années de la mise en place du processus d'évaluation environnementale américain, de nombreuses approches méthodologiques telles que celles de McHarg en 1969; Léopold et Sorensen en 1971; Battelle et Holmes en 1972 (voir Leduc et Raymond, 2000), voient le jour. La procédure adoptée aux États-Unis a eu une influence déterminante sur l'ensemble des procédures mises en place à travers le monde. Il ressort ainsi que l'intérêt pour l'environnement s'est affirmé de façon progressive tant dans les pays industrialisés que dans ceux en voie de développement.

On peut relever également que l'ÉIE a été adoptée comme une réponse réactive à la dégradation de l'environnement. Comme le font observer Hertig et al. (1999), les mesures ou actions sont adoptées en fonction de l'imminence d'un danger. Cela traduit parfaitement l'une des faiblesses de l'étude d'impact et qui justifie le recours à l'évaluation environnementale stratégique (nous y reviendrons à la section 5.3).

¹¹ Un projet est selon Lerond et al. (2003) une opération non divisible, délimitée en termes de calendrier et de budget, et placée sous la responsabilité d'un opérateur.

5.2 Évaluation d'impacts sur l'environnement (ÉIE)

Le terme *évaluation environnementale* (ÉE) était il y a quelques années encore réduit à celui *d'étude d'impacts sur l'environnement* (ÉIE). Des procédures d'évaluation de l'impact sur l'environnement sont établies dans la plupart des pays; toutefois dans certains pays, un processus équivalent ou comparable est qualifié d'évaluation environnementale (Parent 2002). À quelques exceptions près, les objectifs, les principes et les résultats sont identiques ou semblables. Il existe diverses définitions proposées pour l'évaluation environnementale parmi lesquelles nous en retiendrons deux qui nous paraissent assez complètes dans la mesure où elles indiquent en même temps les buts visés.

Selon Sadler (1996, p. 15): *«l'évaluation environnementale est un processus systématique qui consiste à évaluer et à documenter les possibilités, les capacités et les fonctions des ressources et des systèmes naturels, afin de faciliter la planification du développement durable et la prise de décision en général ainsi qu'à prévoir et à gérer les impacts négatifs et les conséquences des propositions d'aménagement en particulier»*. La définition adoptée par le Comité de révision de la procédure d'évaluation des impacts environnementaux au Québec (1998) quant à elle, est la suivante : *«l'évaluation environnementale a pour objectifs d'identifier et d'évaluer l'importance des impacts biophysiques et sociaux d'un projet, d'en apprécier l'opportunité de réalisation compte tenu de ses avantages et de ses impacts pour la réalisation»*.

L'évaluation environnementale peut se faire de différentes façons, selon différentes méthodes et en faisant participer plus ou moins de groupes d'intervenants (experts, promoteurs du projet, autorités gouvernementales, groupes touchés par la réalisation du projet, citoyens en général). Le résultat dépendra du choix des participants et de la période de participation.

Partant des définitions proposées, un constat de convergence s'impose par rapport aux objectifs qui visent à: «prévoir», «atténuer» et/ou «renforcer» et par la suite «compenser» les impacts de projets, le tout dans l'optique de mieux gérer l'environnement. L'ÉIE ne s'oppose donc pas à la mise en œuvre des activités humaines. Bien au contraire, par la prise en compte de la base du développement qu'est l'environnement, cette approche inscrit justement le processus dans une optique durable. À ce propos, Hertig et al (1999) rappellent que la notion

de développement durable, ayant cours aujourd'hui est aussi implicite à la démarche de l'étude d'impact. Il ne s'agit pas de supprimer ou de renoncer à un projet issu des besoins créés par le développement de la société, mais bien de l'intégrer à l'environnement, compris comme étant l'ensemble des systèmes biophysiques et humains ainsi que les interrelations. Cela se traduit fort bien dans les objectifs annoncés des ÉIE et dans les processus de mise en œuvre en lien avec les trois dimensions du développement durable à savoir l'écologique, l'économique et le sociale.

5.2.1 Objectifs et buts de l'évaluation d'impacts sur l'environnement

L'objet principal de l'évaluation environnementale est double. En premier lieu, son *objectif immédiat* est de faciliter la prise de décisions optimales et intégrées, en tenant compte explicitement des considérations environnementales. Le processus d'évaluation environnementale permet l'atteinte de cet objectif par la production d'informations précises et structurées sur les impacts, les risques et les conséquences que peuvent avoir sur l'environnement les options et les propositions d'aménagement. En second lieu, le processus d'évaluation environnementale est généralement (mais non universellement) orienté vers l'atteinte ou le soutien des *objectifs fondamentaux* que sont la protection de l'environnement et le développement durable (Sadler, 1996). Ces points de référence ou buts sont formulés et structurés de diverses manières dans les lois et les politiques d'évaluation environnementale, tout comme les objectifs précis que le processus doit atteindre. Pour la Banque Mondiale, l'évaluation environnementale a pour objet d'améliorer le processus décisionnel et de veiller à ce que les projets à l'étude soient écologiquement équilibrés (BM, 1991). À cette époque, on pouvait considérer que cela ne reflétait pas suffisamment la prise en compte, pourtant indispensable, de la dimension humaine même si avant la fin de décennie 90, plusieurs politiques de sauvegarde de la Banque mondiale, traitent spécifiquement de problèmes sociaux. Il n'en demeure pas moins que cela est encore insuffisant pour pouvoir prétendre à un traitement exhaustif de la question. De telles considérations qui réduisent la portée de la signification donnée à l'environnement, subsistent dans certaines législations comme celle du niveau fédéral Canadien qui considère l'environnement comme l'ensemble des conditions et des éléments naturels de la terre ainsi que les systèmes naturels en interaction (voir Loi canadienne d'évaluation environnementale, 2012).

Toutefois, au plan international, l'accent est de plus en plus mis, durant le processus d'évaluation environnementale, sur la promotion d'objectifs à long terme et à caractère social, reflétant les principes de développement durable (Sadler, 1996). À ce niveau, les objectifs poursuivis sont les suivants:

- préserver les écosystèmes valorisés et les aires du patrimoine,
- éviter toute perte irréversible et inacceptable et la détérioration du capital naturel,
- veiller à ce que le développement soit adapté aux possibilités et aux capacités des ressources,
- optimiser l'utilisation, les méthodes de conservation et la gestion, des ressources naturelles,
- protéger la santé humaine et le bien-être collectif,
- examiner les questions relatives à la perturbation des populations et des modes de vie traditionnels.

En tant que processus largement répandu (mais non unique), pour atteindre ces objectifs, l'évaluation environnementale permet également d'atteindre un certain nombre d'objectifs secondaires (Ibid.), dont entre autres :

- permettre une meilleure conception et planification des projets, par exemple les rendre plus favorables à l'environnement et plus rentables,
- donner plus de pouvoir et de moyens d'action collectifs grâce à la participation du public,
- inculquer les valeurs environnementales et l'obligation pour les organisations de rendre des comptes,
- internaliser les coûts et les dommages à l'environnement, conformément au principe Pollueur/payeur.

Les principaux avantages reliés à l'atteinte de ces objectifs peuvent se résumer comme suit (PNUE, 1996):

- réduction des coûts du projet à long terme (moins de changements ou d'ajouts coûteux à une étape avancée du projet, probabilité moindre de catastrophes écologiques, de poursuites judiciaires ou de mesures correctives coûteuses),
- acceptation accrue du projet par le public et les principales parties prenantes,
- meilleure conception du projet et meilleure sélection d'un site,
- prise de décisions plus éclairées et responsables,
- décisions plus soucieuses de l'environnement,
- responsabilité et transparence accrues pendant le processus de développement,
- meilleure intégration des projets dans leurs contextes environnemental et social,
- réduction des atteintes à l'environnement (mesures d'atténuation planifiées et mises en œuvre à temps pour minimiser les impacts environnementaux négatifs).

La prise en compte de l'environnement au sens large demeure, sans conteste, un noble objectif mais dans la pratique, il est souvent difficile de prendre en compte tous les impacts (au niveau projet) surtout que, dans une large mesure, les milieux biophysiques et sociaux qui supportent la vie ne sont pas bien explorés. Il importe dès lors d'internaliser l'environnement le plutôt possible dans le processus de planification.

5.2.2 Processus de l'évaluation des impacts sur l'environnement

La diversité des États et leur degré d'autonomie en matière d'environnement ont donné lieu à des différences régionales notables (André et *al.*, 2003). On observe ainsi de grandes variations dans les processus mis en place. Toutefois, il demeure possible de dresser le portrait d'un processus type d'évaluation des impacts sur l'environnement (Ibid.). Nous retiendrons cependant que le processus pionnier de la NEPA peut être présenté comme un processus type (tableau 5.1) largement suivi par une grande partie des procédures d'évaluation des impacts sur l'environnement dans le monde.

Tableau 5.1 Processus type des études d'impacts sur l'environnement

Intrants	Phases	Produits
Avis ou description de projets; parfois une évaluation préalable	Tri préliminaire	Décision sur la nécessité d'une ÉIE et sur le degré d'approfondissement
Avis ou description de projet et évaluation préalable	Cadrage	Directives
Directive	Réalisation de l'étude	Rapport d'étude d'impact
Rapport d'étude d'impact	Examen interne	Rapport d'analyse technique
Rapport d'étude d'impact	Examen externe	Rapport d'examen externe
Réunion des trois rapports	Décision	Avis d'autorisation
Avis d'autorisation	Surveillance et suivi des effets	Rapport de surveillance et de suivi

Source André et *al.* (2003).

Le processus s'enclenche au moment où le maître d'ouvrage décide de réaliser un projet et, dans certains contextes, où il en avise l'organisation responsable des ÉIE. La procédure

comporte généralement plusieurs phases qui sont, sauf indication contraire décrites, selon André et *al.* (2003).

Le tri préliminaire (*screening*) qui est la phase du processus au cours de laquelle on détermine la nécessité d'une évaluation environnementale et, le cas échéant, l'envergure qu'elle devra prendre. Sa mise en œuvre varie suivant les contextes législatifs. Dans certains cas, elle intervient lorsque le maître d'œuvre a avisé l'autorité compétente de son projet; dans d'autres, il revient au maître d'ouvrage de l'appliquer avant même d'en avoir avisé l'autorité compétente.

Le cadrage (*scoping*) ou balayage, consiste selon Michel (2001) à identifier, parmi le vaste champ des problèmes environnementaux potentiels, un nombre restreint d'enjeux qui devront être traités de manière approfondie dans l'étude d'impact. C'est donc une étape cruciale qui donne la base des étapes ultérieures de l'évaluation.

La réalisation de l'étude d'impact qui est sous la responsabilité du maître d'ouvrage, se fonde sur les termes de références, qui en constituent la recette. Il revient à des experts de différents domaines de déterminer les conditions de base de l'environnement biophysique et humain, d'évaluer la grandeur, l'importance et la signification des impacts du projet sur les composantes de l'environnement préalablement définies, et de proposer les mesures requises pour les annuler ou pour les atténuer dans les cas des impacts négatifs, ou encore pour les maximiser dans le cas des impacts positifs. L'ensemble de leurs conclusions constitue le rapport d'étude d'impact soumis à l'autorité compétente, qui le soumettra à un examen interne et, dans certains cas, à un examen externe.

L'examen interne est une tâche dévolue aux services administratifs du décideur. Il peut se subdiviser dépendamment des législations en analyses de recevabilité, de qualité ou en encore en analyse plus technique. Il vise à fournir des indications générales sur les procédures à suivre pour l'ÉIE et à s'assurer que les dossiers établis sont sérieux et couvrent les aspects pertinents. Cela suppose que le service dispose d'un large éventail de spécialistes des domaines scientifiques. La rédaction d'un rapport d'analyse technique vient clore l'examen interne.

L'examen externe est une étape qui a pour but d'obtenir un jugement impartial sur les intérêts particuliers, souvent contradictoires, des différentes parties en cause en même temps que d'éviter les retards et les coûts superflus. On le confie à des personnes indépendantes (agence d'environnement, bureau de consultation publique, commission ad hoc). Il peut inclure des éléments comme l'application de processus formels et informels de participation publique, une visite de terrain, la demande d'avis d'experts. Le rapport d'examen externe rédigé à la suite de l'examen est l'outil grâce auquel le décideur peut s'assurer que l'étude est complète et de qualité.

Après ces cinq phases, le décideur est en mesure d'élaborer et de prendre une décision éclairée sur le projet proposé qui tienne compte de l'environnement. Cette décision repose sur l'étude d'impact même ainsi que, le cas échéant, sur les rapports d'analyse préalablement exigés. Elle consistera en une autorisation de procéder sans modification au projet, en une autorisation de procéder avec modification ou encore en un rejet du projet.

Toutefois, la décision n'est pas la dernière phase du processus de l'ÉE. En effet, il se poursuit avec la surveillance ainsi que le suivi des effets anticipés du projet sur l'environnement. Cela est très important car le processus d'ÉE a encore un caractère expérimental et on a accumulé peu d'expérience sur laquelle se reposer. De ce fait, l'amélioration du processus, des techniques et des méthodologies utilisés passe par la mise en œuvre des activités de surveillance et de suivi.

La participation des parties prenantes c'est-à-dire tous ceux qui sont concernés par le projet en étude est souhaitable à toutes les étapes du processus. C'est ce qu'on appelle communément la participation publique qui est un élément clé de la réussite du processus d'ÉE. La participation publique qui remplissait essentiellement une fonction de validation des projets, au début des années 1970, est devenue de plus en plus partie intégrante de la planification des projets (Gauthier et *al.*, 1999). C'est cela qui fait l'objet de la partie 5.2.3.

5.2.3 Participation publique

La participation publique se traduit par l'implication d'individus et de groupes touchés ou intéressés par une intervention proposée (par ex. un projet, un programme, un plan, une politique) et soumise à un processus de prise de décision (André et *al.* 2006).

L'expression participation publique est une formule générique recouvrant plusieurs mécanismes et pratiques qui diffèrent selon leurs modalités, leur caractère plus ou moins formel et le moment d'intervention dans le processus de prise de décision : information, consultation, concertation, négociation, médiation, etc. (Gauthier et *al.* 1999). Les niveaux de participation varient donc d'un stade passif et unidirectionnelle (réception de l'information) à un stade interactif (comme dans le cas de la négociation, de la médiation, des ateliers...) en passant par un processus consultatif comme dans le cas des audiences publiques (André et *al.* 2006).

L'élaboration de stratégies de participation est donc une composante essentielle dans la démarche de détermination des effets des activités sur l'environnement (Gariépy, 1995; Gauthier et *al.* 1999).

Dans le cadre de cette recherche, nous retiendrons que:

«Public participation" can be defined as a continuous, two-way communication process which involves promoting full public understanding of the processes and mechanisms through which environmental problems and needs are investigated and solved by the responsible agency; keeping the public fully informed about the status and progress of studies and implications of project, plan, program and policy formulation and evaluation activities; and actively soliciting from all concerned citizens their opinions and perceptions of objectives and needs and their preferences regarding resource use and alternatives development or management strategies and any other information and assistance relative to the decision» (Canter, 1996, p. 587)

C'est donc un outil de communication réciproque entre les différentes parties prenantes et implique son intégration aux diverses étapes du processus décisionnel. En effet, la participation est une composante essentielle à la légitimité même du processus d'évaluation et joue un rôle essentiel à toutes les étapes (Niyaz et Storey, 2011). Il est dès lors nécessaire de se départir de toute vision séquentielle qui confinerait la participation à des périodes prédéterminées. Ce faisant, elle constitue un mécanisme très efficace pour favoriser une

analyse réaliste, une atténuation efficace des impacts et une exécution harmonieuse (Goodland et Mercier, 1999). Aussi, la participation doit intervenir dès le début du processus d'ÉIE pour permettre (Sadar et *al.* 1994) entre autre de mieux intégrer les différents points de vue des parties prenantes (Gauthier et *al.* 2011) et aussi d'analyser et d'évaluer les enjeux et préoccupations liés aux propositions d'aménagement. Elle doit dans ces conditions remonter la chaîne décisionnelle c'est-à-dire dès l'étape d'évaluation environnementale des PPP (voir 5.4) qui a pour but selon Sadler et Fuller (1999) d'intégrer les préoccupations et considérations en matière d'environnement dans le processus décisionnel général. Il est d'ailleurs largement admis que la participation publique fait partie intégrante des procédures d'évaluation environnementale stratégique (ÉES) (Finnvedena, 2003; Gauthier et *al.* 2011). Elle accroît la crédibilité des résultats du processus d'évaluation (Noble et Harriman, 2008) en garantissant l'intégration des préoccupations des parties prenantes (Runhaar et Driessen, 2007). La participation des parties prenantes à une ÉES constitue un défi puisqu'elles n'ont aucune garantie quant à la prise en compte de leurs intérêts lorsqu'un projet n'est à l'étude (Sinclair et *al.* 2009).

La participation se traduisant par l'intégration des valeurs d'acteurs différents, elle est bonifiée par des outils comme l'aide multicritère à la décision (AMCD) (voir aussi 5.5) qui est un processus transparent permettant la participation des parties prenantes à la structuration du processus décisionnel (Bottero et *al.*, 2011). En effet, la participation des acteurs locaux à la gestion de la biodiversité est fort inégale selon les contextes sociopolitiques (Billé, 2006). Aussi, les mécanismes et stratégies de participation publique doivent être élaborés en tenant compte des choix des parties qui peuvent être influencés par divers paramètres parmi lesquels le contexte socioculturel et politique. Dans le contexte Ouest-africain, à défaut de recourir à un processus formel, la participation des populations locales, souvent analphabètes, peut être assurée par le biais des mécanismes de participation éprouvés dans chaque terroir villageois. Il faut dans ce cas respecter les clivages générationnels et de genre pour favoriser l'expression des différents acteurs. Dans tous les cas, un contexte de libre expression est indispensable pour toute forme de participation. En cela, la démocratisation du sous-continent ouest-africain est indispensable pour préserver l'environnement, dans la mesure où elle favorisera tout d'abord les démocraties représentatives qui offrent les conditions nécessaires à

une participation publique lors de planification et de la mise en œuvre des activités de développement, cette participation citoyenne pouvant alors être considérée comme un relais des représentants élus qui demeurent imputables en fin de compte.

5.3 Dépassez l'ÉIE pour bonifier la participation publique

La nécessité de pratiquer des évaluations environnementales en amont des projets s'est étendue aux politiques, plans et programmes compte tenu des limites de l'ÉIE (Lerond et al. 2003). L'ÉIE est particulièrement limitée pour prendre en compte les effets majeurs qui dépassent le cadre stricte d'un projet (Clark, 2000; Fischer, 1999; Gibson et coll., 2005; Partidário, 2000, 2003; Sadler et Verheem, 1996; Thérivel et Partidário, 1996; Wood, 2003; McCarthy et al., 2010; Crowley et Risse, 2011) comme dans le cas du développement régional par exemple (Crowley et Risse, 2011). Dans pareil cas, l'ÉES permet de cerner les problèmes potentiels et d'amorcer des consultations de façon transparente (OCDE, 2000; McCarthy et al, 2010) pour une résolution de conflits dès le début du processus de planification, réduisant ainsi les risques de blocage et des coûts élevés aux étapes subséquentes (OCDE, 2000).

L'ÉES, souvent appelé «policy EA, policy impact assessment, sectoral EAs, programmatic environmental *impact statement*, *EA of PPPs and integration of EA into policy-making* »¹² (Thérivel et Partidario, 1996) est un élément clé de tout système d'évaluation environnementale. Le terme semble avoir été utilisé pour la première fois par Wood et Djeddour en 1989 dans un rapport à la commission européenne même si le principe de l'évaluation des impacts des PPP était intégré dès 1969 dans le *NEPA* (Tetlow et Hanusch, 2012). C'est un processus qui se consolide au niveau de plusieurs pays et institutions surtout à partir des années 1990. A cet effet, plusieurs organisations internationales entre autres la Banque Mondiale, l'OCDE, la Commission Européenne, l'Agence Européenne pour l'Environnement (AEE), l'ONU, la Banque Européenne pour la Reconstruction et le Développement (BERD) ont reconnu la nécessité de l'EES et, soit adoptent des procédures

¹² L'évaluation environnementale des politiques, de l'évaluation d'impacts des politiques, les évaluations environnementales sectorielles, l'évaluation d'impact environnementale programmatique, l'évaluation environnementale de politiques, plans et programmes, l'intégration de l'évaluation environnementale dans l'élaboration des politiques (Thérivel et Partidario, 1996). (Traduction libre)

ou des directives, soit examinent la possibilité de le faire. Dans ce cadre, la Banque mondiale a publié, en 1993 et 1996, des orientations concernant ce qu'elle appelle des évaluations environnementales régionales et sectorielles (OCDE, 2000).

Au niveau des pays, le Canada réalise des ÉES pour les décisions gouvernementales tout comme le Pays-Bas et le Royaume-Uni, alors que les États-Unis et le Danemark demandent des ÉES pour les nouvelles législations. La France, le Pays-Bas et l'Australie appliquent l'ÉES à certaines politiques sectorielles, quand le Royaume-Uni, la France, la Suisse et la Belgique font des ÉES lors de processus de planification spatiale. Enfin, la Nouvelle-Zélande, soumet tout le processus de décision concernant la gestion de ressources (Sadler et Verheem, 1995; Lerond et al. 2003) à l'ÉES. Depuis lors, la pratique se consolide au niveau de plusieurs de ces pays pionniers. Ainsi, pour le cas du Canada, la procédure a fait l'objet en 2010 d'une réactualisation et a donné lieu à des lignes directrices pour la mise en œuvre d'une directive sur l'évaluation environnementale des projets de politiques, plans et de programmes.

L'ÉES ne remplace pas l'ÉIE qu'elle complète en plus d'être plus adaptée pour contribuer à l'atteinte du développement durable (Thérivel et Partidario, 1996; Sadler et Fuller, 1999; S/CDB et Commission néerlandaise d'évaluation environnemental, 2006; Söderman et Kallio, 2009; Kirchhoff et al., 2011; João et McLauchlan, 2011). Elle permet en outre de rationaliser la procédure d'ÉIE au niveau des projets permettant ainsi d'intégrer les préoccupations et considérations en matière d'environnement dans le processus décisionnel général (Sadler et Fuller, 1999). Ce faisant, l'ÉES permet de prendre en compte les insuffisances constatées et attribuées à l'ÉIE. Ces limites sont essentiellement liées au fait que (Lerond et al., 2003; Lee, 2005; AQÉI, 2006):

- lors de l'évaluation d'un projet individuel, il est difficile d'évaluer correctement les incidences cumulatives et synergiques liées aux multiples développements de projets d'infrastructures prévus sur un même territoire. Le cumul des effets des travaux peut rendre inefficaces les engagements contractés par chacun des maîtres d'ouvrage vis-à-vis de l'environnement;
- le stade souvent trop avancé du processus de planification au moment de la réalisation des ÉIE, qui ne peut garantir que les effets sur l'environnement de toutes les solutions de substitution envisageables, tant technologiques que géographiques, soient étudiés et prises en compte ;

- l'intervention de l'ÉIE des projets, de facto en aval, ne permet pas toujours de débattre de manière satisfaisante, en concertation avec le public, sur l'opportunité du projet et les grandes orientations qui ont présidé à sa préparation.

L'ÉIE, est encore trop souvent limitée pour prendre en compte les impacts écologiques (Söderman et Saarela, 2010), notamment en adoptant des approches très restreintes d'évaluation de la biodiversité (en considérant par exemple les espèces rares et menacées comme indicateurs). C'est pourquoi, dans cette recherche, il est considéré que la concrétisation du développement durable passe nécessairement par l'évaluation des PPP quant à leur impact sur l'environnement et particulièrement sur la biodiversité. En effet, l'ÉES qui est détaillée à la section 5.4, de par son approche proactive permet selon Uprety (2005) de mieux prendre en compte la biodiversité lors de la planification des activités de développement permettant de surmonter plusieurs limites attribuées à l'ÉIE (Balfors *et al.*, 2005; Byron et Treweek, 2005; Treweek *et al.*, 2005; Mörtberg *et al.*, 2007). Plusieurs auteurs ont montré à travers des études de cas l'intérêt de l'ÉES pour la prise en compte de la biodiversité (voir le volume 7, N° 2 de juin 2005 du *Journal of Environmental Assessment Policy and Management*). Ainsi, Lee (2005) a démontré que l'application d'une ÉES pour intégrer les enjeux liés à la biodiversité aurait pu éviter des conflits sociaux, des impacts écologiques ainsi que des dépassements de coûts lors de la mise en œuvre d'un projet de ligne à grande vitesse en Corée.

5.4 Évaluation environnementale stratégique

5.4.1 Définition de l'ÉES

Il n'existe pas de définition établie et admise au niveau international (Jiliberto, 2011) mais nous avons recensé plusieurs définitions, que nous déclinons par ordre chronologique pour faire ressortir l'évolution du concept.

Ainsi, selon Thérivel *et al.* (1992, p. 19-20) et Thérivel et Partidario (1996), l'ÉES est: «un processus *systématique formel et exhaustif* servant à évaluer les effets environnementaux de politiques, plans ou programmes (PPP)¹³ ainsi que leurs alternatives, donnant lieu à un

¹³ Politique : ligne d'action générale ou orientation globale proposée qu'un gouvernement suit ou suivra et qui guide la prise de décision en continu.

rapport écrit dont les conclusions sont utilisées dans la prise de décision par des autorités publiques imputables» (traduction libre).

Sadler et Verheem (1996, p. 27) considèrent eux, l'ÉES comme: « *un processus systématique servant à anticiper et à évaluer les incidences environnementales des politiques, plans ou programmes proposés afin d'assurer que celles-ci soient pleinement intégrées et adressées de manière appropriée, le plus tôt possible dans le processus de prise de décision, au même niveau que les considérations économiques et sociales* » (traduction libre).

Ces définitions portent sur l'intégration des enjeux environnementaux aux PPP et ne font pas référence aux enjeux sociaux et économiques que la définition de Sadler et Verheem (1996) considèrent explicitement et celle de Thérivel et *al.*, (1992), implicitement et *a priori* comme déjà pris en compte. Ces auteurs estiment justement qu'il faut intégrer les effets environnementaux dans le processus de décision au même niveau que les effets socio-économiques.

Brown et Thérivel (2000, p. 184) (traduction libre) définissent l'ÉES comme: « *un processus dont la finalité est de fournir au proposeur, durant la formulation de la politique, et au décideur, au moment de l'approbation de la politique, une compréhension globale des implications environnementales et sociales de la politique proposée, élargissant la portée des enjeux au delà des déterminants à l'origine de cette nouvelle politique* ». Cette définition est en phase avec celle de Dalal-Clayton et Sadler (2003) qui considèrent l'ÉES comme un processus visant à identifier les dimensions, effets et conséquences sur l'environnement en y incluant de plus en plus les considérations sociales et économiques, des politiques, plans et programmes et d'autres initiatives se situant en amont des projets. Cette approche devrait

Plan : stratégie ou conception prospective volontaire, souvent avec des priorités, options et mesures coordonnées qui développent et mettent en œuvre une politique.

Programme : agenda organisé et cohérent ou calendrier d'engagements, de propositions, d'instrument et/ou d'activités qui développent et mettent en œuvre une politique (Sadler et Verheem, 1996).

«...Les politiques déterminent les plans, les programmes et les projets ultérieurs qui les mettent en pratique. Les politiques se situent donc au sommet de la hiérarchie décisionnelle. À mesure que l'on descend les degrés de la pyramide, des politiques jusqu'aux projets, la nature de la prise de décision change, de même que la nature de l'évaluation environnementale requise. L'évaluation au niveau des politiques couvre en général des propositions plus flexibles et un plus large éventail de scénarios. L'évaluation au niveau du projet comporte généralement des spécifications bien définies et normatives» (OCDE, 2006, p. 32).

constituer une contribution à la formulation des politiques, plans et programmes en s'intégrant au processus de leur élaboration et avant toute prise de décision.

La définition de l'ÉES a beaucoup évolué pour se démarquer de celle d'un outil visant à évaluer les enjeux strictement environnementaux des PPP. L'ÉES est maintenant davantage considérée comme un outil d'intégration des enjeux environnementaux, sociaux et économiques, dans la formulation et la prise des décisions stratégiques (Crowley et Risse, 2011). La définition de l'OCDE illustre ce changement de paradigme. Ainsi, l'OCDE (2006, p. 17) considère les ÉES comme *«des approches analytiques et participatives de la prise de décision stratégique qui visent à intégrer les considérations d'environnement dans les politiques, les plans et les programmes et à évaluer leurs interactions avec les considérations d'ordre économique et social»*.

Dans le cadre de la présente recherche, l'ÉES est considérée comme un processus (c'est-à-dire suit un certain nombre d'étapes) impliquant divers acteurs, encadré par des autorités responsables, et devant aboutir à des décisions permettant de prendre en compte les enjeux et effets environnementaux, socio-économiques et territoriaux lors de l'élaboration des PPP. L'environnement intègre en effet à la fois les dimensions économique, biophysique, politico-sociale et territoriale (voir section 5.2.1) et l'enjeu¹⁴ environnemental désigne comme le mentionne Lerond et al. (2003, p. 83): *«la valeur prise par une fonction ou un usage, un territoire ou un milieu au regard des préoccupations écologiques, patrimoniales, sociologiques, de qualité de la vie et de la santé. Définir un enjeu, c'est déterminer les biens, les valeurs et fonctions environnementales qu'il n'est pas acceptable de voir disparaître ou de se dégrader, disparitions ou dégradations pour lesquelles aucune compensation ne saurait être trouvée»*.

Ainsi définie, nous relevons que l'ÉES (Waaub, 201; Côté et Waaub, 2012) :

¹⁴ Enjeu : ce qu'on expose, engage dans une entreprise. Ce que l'environnement risque de gagner ou de perdre en fonction des choix d'aménagement. Question environnementale considérée comme importante au regard de la situation du territoire considéré. Deux niveaux d'enjeux sont retenus habituellement :

- Les enjeux thématiques, liés à chacun des domaines de l'environnement;
- Les enjeux fonctionnels, décrivant le fonctionnement global du territoire, qui mettent en relation les dimensions sectorielles (source : Lerond et al. 2003).

- est un processus systématique;
- permet une compréhension globale des implications environnementales, sociales et culturelles d'une politique, d'un plan ou d'un programme (PPP);
- s'adresse au proposeur durant la formulation et au décideur au moment de l'approbation;
- étudie des possibilités alternatives;
- anticipe et évalue la portée des enjeux;
- assure l'intégration des propositions de PPP;
- donne lieu à un rapport écrit;
- intervient dans le processus décisionnel;
- nécessite des autorités imputables.

5.4.2 Objectifs et raisons d'être de l'ÉES

Les objectifs et la raison d'être de l'ÉES et même ses outils (voir section 5.4.3.2) sont assez proches de ceux de l'ÉIE, mais on peut relever plusieurs différences (tableau 5.2).

En plus donc des objectifs assignés à l'ÉIE, l'ÉES vise un certain nombre d'objectifs (OCDE, 2006; Waaub, 2011) dont l'atteinte constitue autant d'avantages:

- favoriser l'atteinte d'un développement durable;
- intégrer environnement et développement dans la prise de décision;
- impliquer plutôt le public dans le processus;
- faciliter la formulation des politiques, plans et programmes et évaluer leur efficacité potentielle du point de vue du développement et de leur durabilité;
- identifier les nouvelles possibilités de développement en favorisant une évaluation systématique et rigoureuse d'un large éventail d'options bien justifiées;
- renforcer et mieux encadrer les ÉIE;
- identifier tôt dans le processus les impacts potentiels ne pouvant être pris en compte adéquatement au niveau des ÉIE: cumulatifs, synergiques, induits et indirects, globaux;
- intégrer les enjeux stratégiques associés à la justification et à la localisation des projets;
- réduire le temps et les efforts requis pour l'évaluation de propositions individuelles;
- faciliter la coopération transfrontalière autour de ressources naturelles communes, contribuant ainsi à la prévention des conflits;
- contribuer à garantir une gestion prudente des ressources naturelles et de l'environnement, fondement d'une croissance économique durable, elle-même indispensable à la stabilité politique.

Plus de détails sur les avantages découlant de l'application de l'ÉES sont décrits par plusieurs auteurs dont entre autres par Kirchhoff et *al.*, (2011); Fischer (1999); Sadler et Verheem (1996); Lee et Walsh (1992); Wood et Djeddour (1992).

Tableau 5.2 Comparaison entre l'ÉES et l'ÉIE

ÉIE	ÉES
Grands projets et certains programmes et leurs spécifications	Nombreux PPP à portées très variées dans une perspective stratégique large et à long terme
Intervient à un stade précoce de la planification du projet après que les paramètres de celui-ci ont été établis	Intervient en principe à un stade précoce de la planification
Couvre un éventail limité de solutions alternatives	Couvre un large éventail de scénarios de rechange
Généralement préparé et/ou financé par les promoteurs du projet	Conduite de façon indépendante de tout promoteur de projet
Axée sur l'autorisation du projet, et n'exerçant que rarement une rétroaction sur les politiques, plans ou programmes	Axée sur décision concernant les implications des politiques, plans et programmes pour les décisions futures à un niveau inférieur
Processus linéaire bien défini comportant un commencement et une fin clairement établis (s'étendant par exemple de la réalisation de l'étude de faisabilité à l'approbation du projet)	Processus itératif à plusieurs étapes avec boucles de rétroaction
Aire d'étude plutôt restreinte	Aire d'étude plus étendue
Enjeux environnementaux se rapportant à un site ou un tracé	Enjeux environnementaux plus larges et diffus, voire globaux
Donne obligatoirement lieu à la rédaction d'un rapport d'ÉIE avec présentation et contenu prescrits à l'avance. Ce document sert d'outil de référence	N'est pas nécessairement étayée par des documents
Met l'accent sur l'atténuation et/ou la bonification des impacts environnementaux et sociaux d'un projet déterminé, mais avec identification de quelques options envisageables au niveau du projet, de dispositifs compensatoires, etc.	Met l'accent sur la réalisation d'objectifs environnementaux, sociaux et économiques équilibrés dans les politiques, plans et programme. Donne lieu à l'identification des résultats de développement au niveau macroéconomique
Implique un examen restreint des impacts cumulés, se limitant souvent aux différentes phases du projet considéré. Ne couvre ni les installations d'envergure régionale, ni les projets multiples.	De part sa nature, prend en considération les impacts cumulés.
Public intéressé : surtout la population touchée par le projet	Public intéressé : intervenants spécialisés et représentants de la société
Niveau d'incertitude faible à moyen	Niveau d'incertitude moyen à élevé
Impacts directs et indirects, rarement cumulatifs	Impacts directs, indirects et cumulatifs

Source: adapté de OCDE (2006); Partidario (2007); André et al. (2010); Waub (2011).

Finalement, les différences entre l'ÉES et l'ÉIE posent la question de l'arrimage (ex. figure 5.1) entre ces deux outils. Dans cette optique, plusieurs défis doivent être relevés pour répondre aux préoccupations soulevées par la pratique de l'évaluation environnementale. Ainsi, il faudrait veiller à gérer efficacement les différents niveaux d'évaluation y compris par des mécanismes efficaces de participation du public qui, bien entendu, doivent être modulés en fonction des questions analysées car la participation ne s'organise pas de la même manière au niveau stratégique et au niveau projet (ex. : aussi bien qui participe, que comment la participation est mise en place). Un autre défi consiste aussi à changer l'attitude de considérer les ÉIE comme des contraintes à satisfaire pour obtenir les permis d'opérer plutôt que comme des opportunités d'améliorer les propositions et leur insertion dans les communautés d'accueil. Dans ce cas, les ÉES sont considérées comme l'ajout de contraintes supplémentaires alors qu'en fait elles constituent également une opportunité de mieux cadrer les projets. Il faut aussi et surtout s'assurer que les conclusions et recommandations émises lors d'une ÉES sont pleinement intégrées lors des ÉIE qui suivront tout en évitant les répétitions. Cela permettra d'améliorer les études sans les compliquer tout en évitant les pertes de temps et de ressources financières.

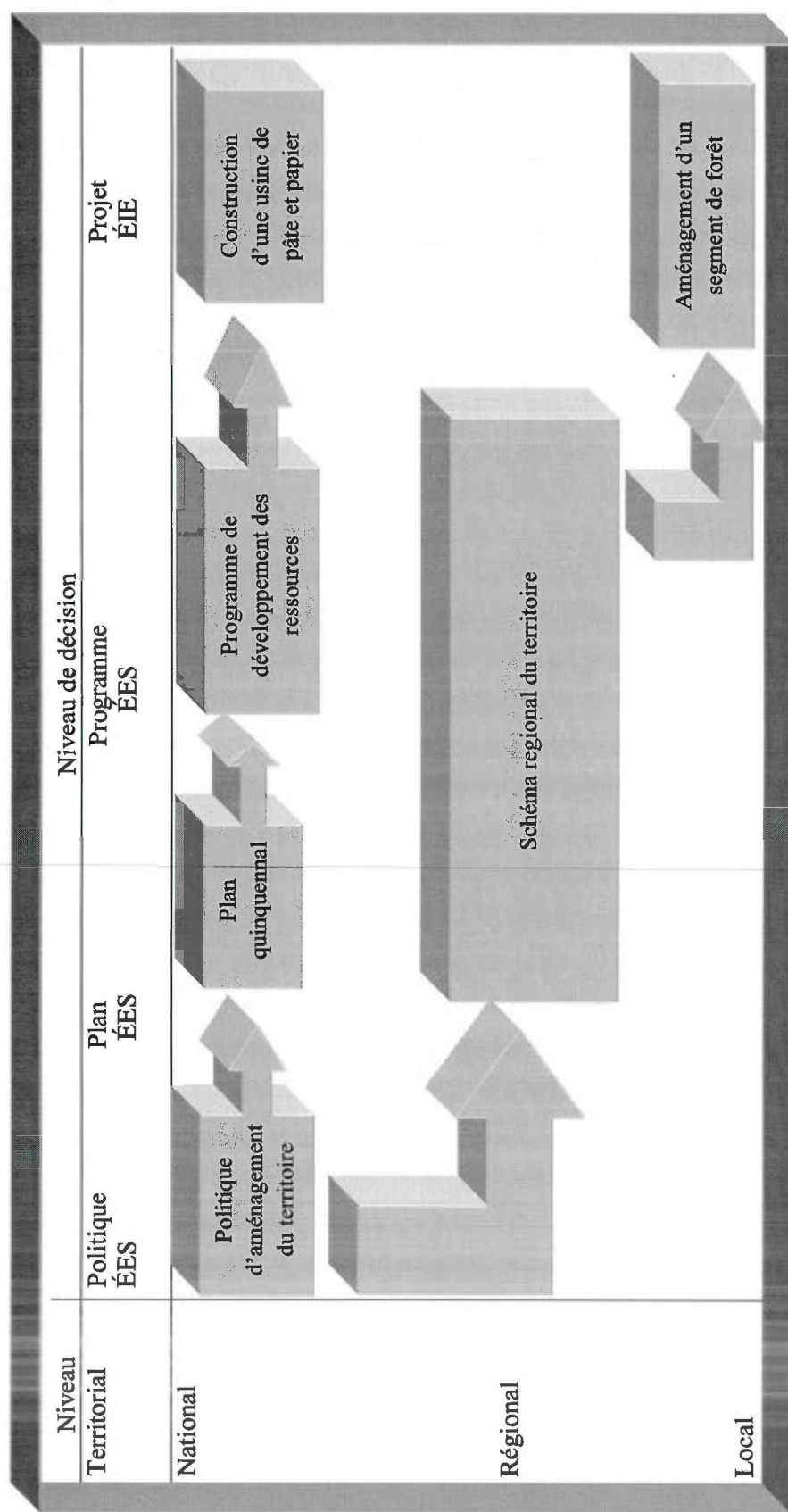


Figure 5.1 Exemple d'arrimage ÉES et ÉIE.

(Adapté de Waaub, 2011; Kirchhoff et al., 2011).

De part sa raison d'être et ses objectifs, l'ÉES est une démarche de planification, elle est de ce fait influencée par les diverses théories de la planification (tableau 5.3) qui détermine les types d'ÉES (tableau 5.4) surtout en influençant le mode de participation publique (Risse, 2004; Kourouma, 2005; Samoura, 2011; Waaub, 2011) et en questionnant les rôles des experts. Toutefois, les diverses théories de la planification ne seront pas développées dans cette recherche; le lecteur intéressé à leurs caractéristiques ainsi qu'à leur articulation avec les évaluations environnementales peut se référer à Risse (2004).

Tableau 5.3 Types de planification et leurs principales caractéristiques

Type de planification	Quelques caractéristiques
Planification rationnelle globale	<ul style="list-style-type: none"> transformations structurelles et choix collectifs basés sur la connaissance des experts dans une logique positiviste, déterministe et linéaire; communication ne se fait qu'entre l'expert et le décideur; participation publique intervient aux dernières étapes du processus et occupe une fonction de validation; difficile prise en compte de la complexité des systèmes humains; longue et coûteuse; inadéquate pour répondre aux questions relatives à l'harmonisation des intérêts divergents et conflictuels.
Planification incrémentielle	<ul style="list-style-type: none"> s'appuie sur des décisions opérationnelles débouchant sur des actions, dont les résultats inspirent les actions subséquentes; gérer la réalité de façon fonctionnelle en insistant sur les moyens d'allocation satisfaisante des ressources disponibles.
Planification stratégique	<ul style="list-style-type: none"> s'appuie sur la mise en place d'un cadre d'orientation nécessitant une démarche évaluative (ex-ante, et ex-post), et adaptative (boucles de rétro-action) s'appuyant sur la connaissance des experts; alloue les moyens nécessaires pour atteindre des buts; supériorité des experts: consultent des ressources internes et externes pour mieux saisir les enjeux et extraire les données pertinentes à leur modèle cognitif.
Planification concertée	<ul style="list-style-type: none"> s'appuie sur une dynamique d'interaction des acteurs basée sur le dialogue, l'échange d'opinions et d'argument et la mise en évidence de logiques communes visant un mariage entre connaissances et actions (réflexion dans l'action) dans une logique constructiviste; renvoie à des transformations structurelles et à des choix collectifs basés sur la négociation intégrative d'enjeux dans une perspective innovatrice (la confrontation est révélatrice des divergences à partir desquelles émerge une solution originale); correspond à la gestion intégrée et négociée avec : <ul style="list-style-type: none"> ouverture du processus à tous les acteurs (Pb.: les enjeux de pouvoir ne doivent pas être occultés); prise en compte des enjeux; flexibilité; adaptabilité; accent sur les problèmes organisationnels (relations entre les acteurs); participation du public tout au long du processus; légitimité accrue par la démocratie participative en complément de la démocratie représentative.
Planification justificative	<ul style="list-style-type: none"> s'appuie sur un jeu entre les acteurs, lesquels manipulent l'information aux fins d'exercice du pouvoir; planification se construit dans la controverse sociale aboutissant éventuellement à une conformité sociale; questionne l'acceptabilité scientifique même si elle trouve sa place dans l'arène politique; parvient à des solutions acceptables.

Source adapté de Risse (2004); Waub (2011).

Tableau 5.4 Principaux types d'ÉES et leurs caractéristiques

Types d'ÉES		Principales caractéristiques
Typologie relative aux approches adoptées	Approche traditionnelle qui correspond au modèle standard	<ul style="list-style-type: none"> • étend les connaissances pratiques de l'ÉIE de projets à l'évaluation des PPP, en appliquant non seulement ses principes, mais également les procédures légales et les exigences; • s'inscrit dans le prolongement du modèle de la planification rationnelle classique avec comme conséquence: <ul style="list-style-type: none"> ○ la participation publique n'intervient qu'aux dernières étapes du processus et occupe essentiellement une fonction de validation; ○ Il faut établir les conditions d'adhésion du public; ○ difficile prise en compte de la complexité des systèmes humains; ○ longue et coûteuse; ○ produit des écarts considérables entre les intentions de départ et la réalité; ○ inadéquate pour répondre aux questions relatives à l'harmonisation de la multiplicité des intérêts divergents, voire même conflictuels; ○ peut difficilement intégrer le culturel.
	Approche interactive	<ul style="list-style-type: none"> • adopte une perspective de planification et d'évaluation des politiques dans laquelle les principes de l'évaluation environnementale sont intégrés dans la formulation des PPP via l'identification des besoins, des enjeux et des options de développement, qui sont évalués éventuellement dans une perspective de développement durable. L'ÉES fait partie intégrante d'un processus global d'élaboration des PPP; • cette approche de gestion intégrée et négociée s'inscrit dans le modèle contemporain de planification interactive avec : <ul style="list-style-type: none"> ○ ouverture du processus à tous les acteurs; ○ prise en compte des enjeux; ○ flexibilité; ○ adaptabilité;

		<ul style="list-style-type: none"> ○ accent sur les problèmes organisationnels (relations entre les acteurs); ○ participation publique tout au long du processus. <p>Mais, il y a :</p> <ul style="list-style-type: none"> • risque d'oublier les connaissances scientifiques; • dérives de la participation: délais des procédures, délais supplémentaires; • aborder la complexité sans compliquer le processus; • nécessite un apprentissage.
Typologie relative à la portée	Portée liée au niveau stratégique	<ul style="list-style-type: none"> • séparation entre Politique, Plan et Programme; • niveau d'abstraction, confidentialité
	Portée relative aux types d'activités	<ul style="list-style-type: none"> • sectorielles: énergie, transport, déchets, tourisme, etc.; • spatiales (régionales): couvrir toutes les activités sur un territoire (ex. schéma d'aménagement du territoire, plan de développement, etc.); • autres actions ayant des impacts sur l'environnement (ex. pratiques agricoles, nouvelle technologie, privatisation).
Typologie reliée aux incidences considérées	Évaluation stratégique incluant l'environnement	<ul style="list-style-type: none"> • <i>intégrées</i> aux processus de planification, d'élaboration des politiques et de prise de décision.
	Évaluation environnementale stratégique	<ul style="list-style-type: none"> • «indépendante» et conduites <i>en parallèle</i> avec les processus fondamentaux de planification.

Sources : OCDE (2006) et Waaub (2011).

5.4.3 Processus et outils de l'ÉES

L'ÉES est un processus, donc suit des étapes déterminées et utilise des outils plus ou moins adaptés aux différentes phases.

5.4.3.1 *Processus de l'ÉES*

La figure 5.2 résume les différentes étapes à suivre lors de la réalisation d'une ÉES. Ces étapes génériques, auxquelles nous adhérons, sont similaires à celles de l'ÉIE et s'inscrivent dans une démarche itérative impliquant des rétroactions entre les étapes permettant des mises au point progressives (Crowley et Risse, 2011). On procède donc successivement à l'établissement du contexte, la mise en œuvre, l'information et l'orientation du processus, le suivi et l'évolution. Ces étapes correspondent en fait au tri préliminaire (1), au cadrage (2), à l'évaluation (2 et 3), à l'examen, à la décision et enfin à la mise en œuvre des PPP et du programme de surveillance et de suivi (4) (voir aussi André et *al.*, 2010, p. 311). Toutes ces étapes s'accompagnent de périodes de consultation avec les différentes parties prenantes. Ces consultations sont particulièrement pertinentes lors du cadrage et de la révision de l'ÉES (Crowley et Risse, 2011). L'ÉES permet ainsi une ouverture du processus de prise de décision au niveau stratégique à plusieurs parties prenantes qui en sont traditionnellement exclues (Jiliberto, 2011).

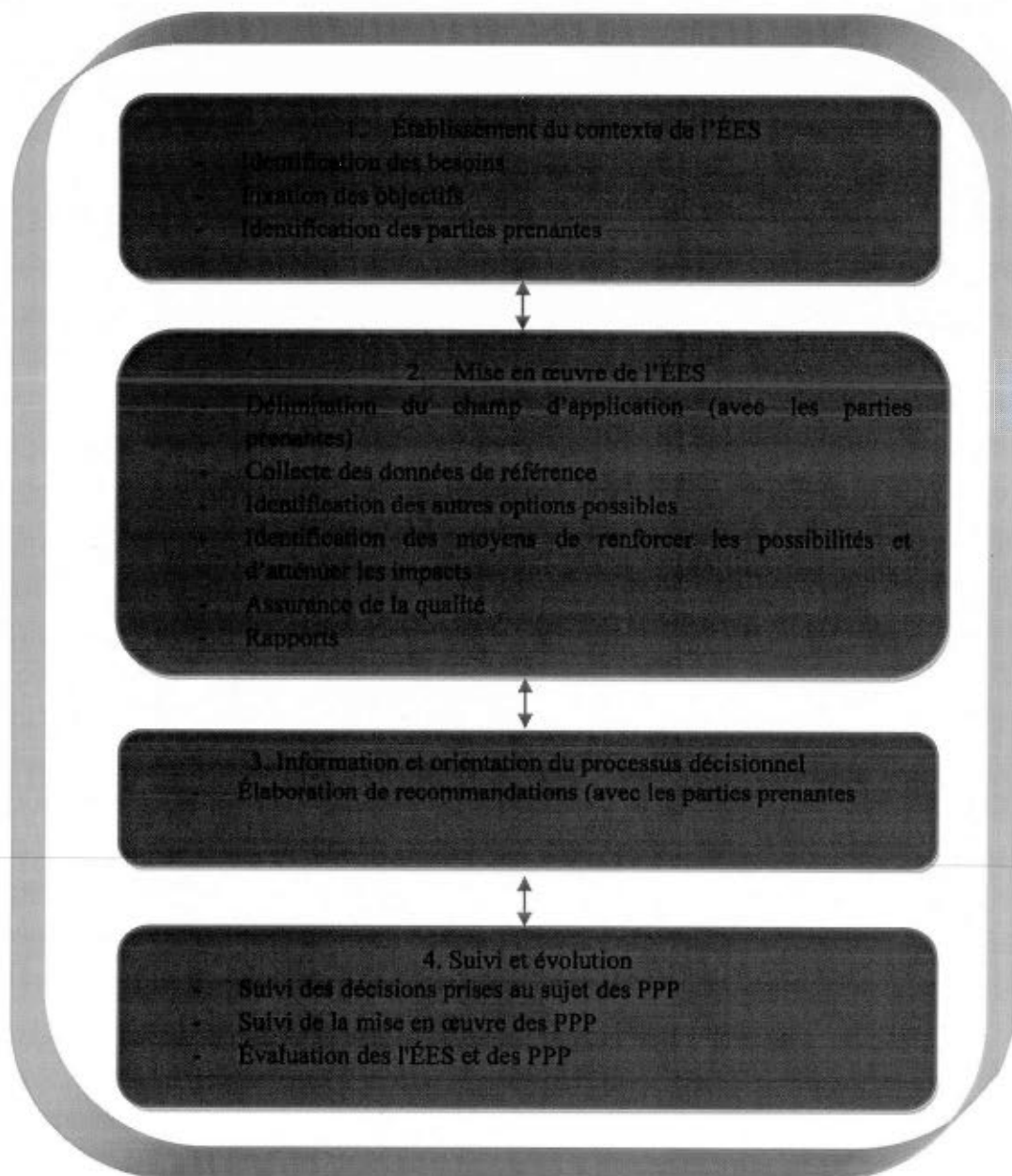


Figure 5.2 Grandes phases de l'ÉES.

Source adapté d'OCDE (2006)

Par ailleurs, la procédure d'ÉES est abordée de deux façons différentes, soit avec l'énoncé de PPP ou sans énoncé de PPP (DEAT, 2004; André et *al.* 2010) et bien entendu cela n'a pas la même implication en termes de participation et finalement d'intégration des considérations environnementales et sociales (tableau 5.5). Dans le premier cas, il s'agit d'une approche réactive qui améliore peu les PPP. C'est pourquoi, nous adhérons à l'approche proactive qui

est enclenchée au même moment que l'élaboration des PPP. En effet, l'implémentation de l'ÉES en début du processus de prise de décision est plus efficace (Nilsson et Dalkmann, 2001) et offre des multiples avantages (Noble, 2002; Madrid et Bouchard, 2011) en permettant de mieux optimiser les bénéfices attendus d'une ÉES (Noble et *al.*, 2012; Côté et Waaub, 2012). L'efficacité de l'ÉES dépend donc de la façon dont elle contribue et intervient dans le processus de planification (Hildena et *al.*, 2004). Toutefois, même quand les décisions ont déjà été prises, l'ÉES peut jouer un rôle significatif dans la mise en œuvre du contrôle, par exemple pour décider des actions de limitation nécessaires ou pour alimenter des examens de décisions futures (S/CDB et Commission néerlandaise d'évaluation environnemental, 2006).

Tableau 5.5 Deux façons d'aborder l'ÉES

Type de demande	Objectif général	Commentaires
Existence d'un énoncé de PPP	<ul style="list-style-type: none"> • Définir les incidences de la proposition. • Suggérer des mesures pour les réduire. • Améliorer l'énoncé politique pour mieux prendre en compte le milieu biophysique et humain et contribuer aux objectifs de DD 	Limite les discussions, car l'objet de l'étude est déjà défini. Il s'agit d'une démarche plutôt linéaire qui aboutit à une amélioration des PPP
Absence d'un énoncé de PPP	Contribuer à l'intégration des critères environnementaux et socioéconomiques dans la conception des PPP.	Permet de débattre de la justification, de définir les options à considérer, de choisir le meilleur scénario pour atteindre les objectifs définis, d'établir des priorités en fonction des gains environnementaux prévus et de rédiger des PPP dans le respect de l'environnement. Il s'agit d'une démarche itérative qui maximise l'intégration de l'environnement et social lors de l'élaboration des PPP.

Source adapté d'André et *al.* (2010).

Parmi les modèles d'ÉES qui démarrent sans énoncés de PPP, on reconnaît de façon plus formelle, sans qu'elles soient exclusives, l'évaluation environnementale régionale (ou

territoriale) et l'évaluation environnementale sectorielle¹⁵ (André et *al.* 2010). La première est envisagée comme un moyen d'évaluer les effets environnementaux potentiels, y compris les effets cumulatifs, de diverses options d'initiatives, de politiques, de plans ou de programmes stratégiques dans une région (CCME, 2009) ou sur un territoire donné. La deuxième vise à établir des politiques, des plans et des programmes pour un secteur d'activité donné comme le transport, la foresterie, l'énergie (Côté et Waaub, 2012). Beaucoup d'attention a été accordée à l'évaluation sectorielle (Goodland et Tillman, 1996; Partidario, 1996) comme par exemple en foresterie (Noble, 2004) bien que l'ÉES régionale soit la forme la plus appropriée pour intégrer les effets cumulatifs dans une perspective de développement régional durable (Harriman et Noble, 2009).

Nous estimons qu'une procédure d'ÉES doit être participative (Gauthier et *al.*, 2011) et itérative et être imbriquée aux étapes d'élaboration des PPP tel que suggéré par Thérivel et Partidario (1996) ainsi que par Côté et Waaub (2012) (figure 5.3).

¹⁵ Voir l'annexe 1- 4, page 40 du manuel d'évaluation environnementale de la Banque Mondiale, Édition française 1999, Volume I, pour plus de détails.

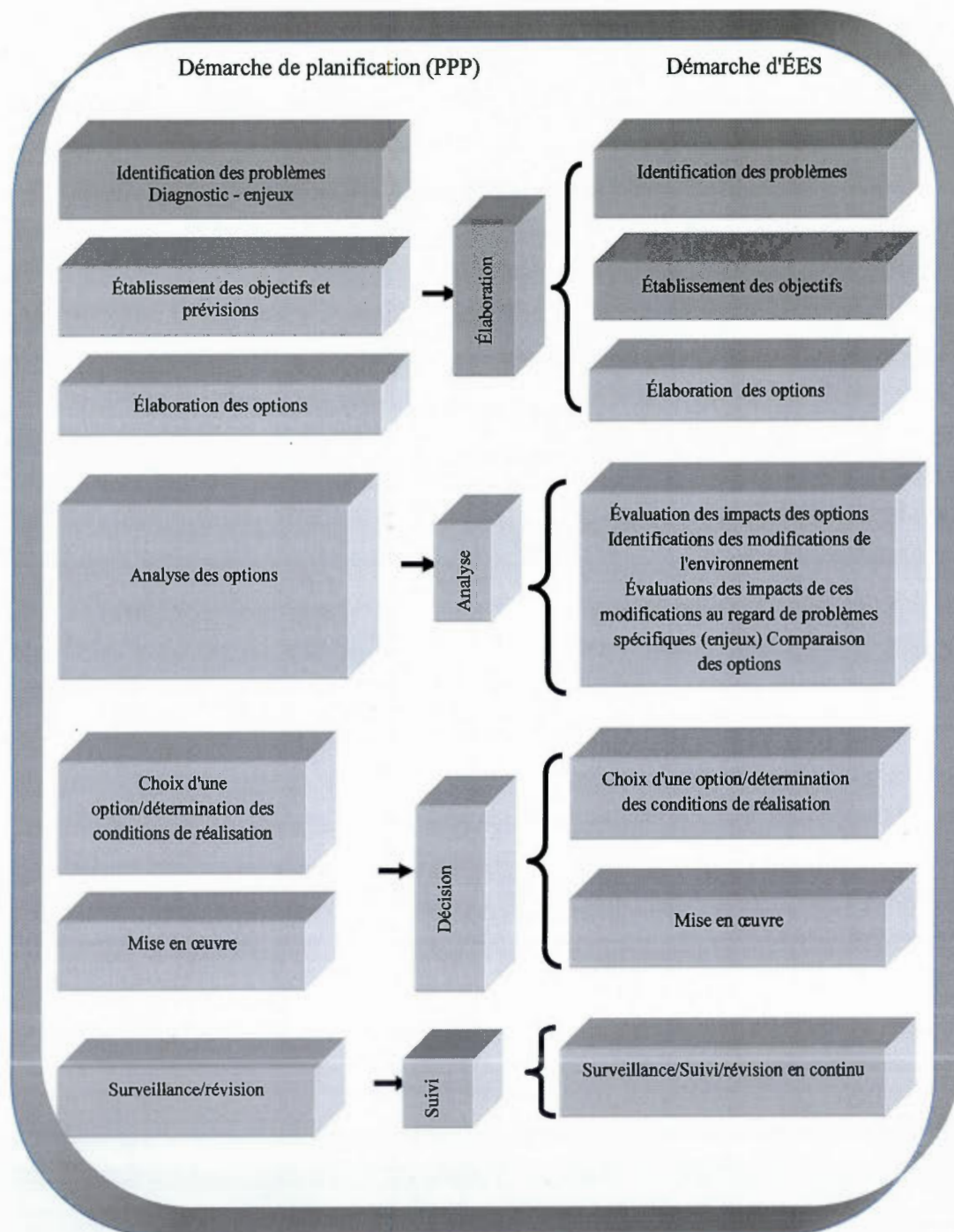


Figure 5.3 Liens entre processus d'élaboration des PPP et ÉES.

Source adaptée de Thérivel et Partidario (1996); Côté et Waaub (2012).

5.4.3.2 Techniques et Outils d'ÉES

Divers outils, souvent qualifiés de techniques ou même méthodes,¹⁶ sont actuellement utilisés en ÉES ou offrent un certain potentiel d'application (Sadler et Veheem, 1996; Finnvedena, 2003). Comme en ÉIE, la panoplie d'outils disponibles en ÉES peut être répartie selon plusieurs catégories. Une première approche de classification peut être basée sur l'origine des outils et une seconde approche selon l'utilisation qui en est faite au cours du processus. Les outils retenus suivant cette approche, relèvent en fait des ÉIE et peuvent être qualifiés d'outils pionniers en ÉES. Cela s'explique par le fait que la conception de l'ÉES (Pacaut, 2000; Loayza, 2012) de même que sa compréhension (Fisher, 1999) relève en grande partie de celles de l'ÉIE même si plusieurs auteurs soulignent l'inadéquation de cette approche (Fischer, 2003). Aussi, la plupart des méthodes de l'ÉIE ont été plus ou moins modifiées afin de satisfaire aux exigences de l'ÉES. Les principales méthodes issues de l'ÉIE de projets sont : les listes de vérification; les matrices et les réseaux (Pacaut, 2000). La deuxième catégorie d'outils relèvent de l'analyse de politiques (Pacaut, 2000; Risse, 2005; Waaub, 2011) et des études de planification (analyse de scénarios, des techniques de prévision à l'échelle régionale, des techniques d'analyse de rapport entrée-sortie, les systèmes d'information géographique, les systèmes de modélisation. L'OCDE (2006, p. 35) a structuré les outils de cette approche en trois (3) groupes. Ce sont les :

- outils pour obtenir un plein engagement des parties prenantes :
 - analyse des parties prenantes destinée à identifier celles qui sont affectées et impliquées dans la décision PPP;
 - enquêtes de consultation;
 - processus de création d'un consensus.
- outils de prévision des effets environnementaux et socio-économiques :
 - modélisation ou prévision des effets directs sur l'environnement;
 - matrices et analyse de réseau;
 - techniques participatives ou consultatives;

¹⁶ Une méthode «désigne une démarche scientifique; c'est l'énoncé des étapes à suivre, dans un certain ordre, pour atteindre un but donné. Il s'agit donc, d'un ensemble de principes, de règles, de techniques et d'étapes permettant l'atteinte de résultats particuliers dans le cadre d'une démarche bien spécifique» L'outil d'examen, par contre, est d'une nature plus restreinte; il s'agit, par exemple, d'un moyen particulier de présentation des données ou d'une activité plus spécifique, telle que l'emploi de la photographie (Simos, 1990).

- systèmes de données géographiques pour l'organisation et la présentation de l'information.
- outils d'analyse et de comparaison des options :
 - analyse de scénarios et analyse multicritères;
 - analyse ou évaluation des risques;
 - analyse coûts/avantages;
 - sondages d'opinion pour identifier les priorités.

La troisième catégorie regroupe les méthodes que Pacaut (2000) appelle les méthodes classiques d'évaluation de politiques et de programmes (AMCD, analyse de réalisation des objectifs, analyse coût-efficacité, analyse coûts-avantages, analyse de sensibilité, etc.) (voir aussi Risse, 2004). La quatrième catégorie est constituée de méthodes en émergence comme l'analyse du cycle de vie (ACV) et l'évaluation de l'effet cumulé. Relevons que certaines des méthodes dites d'évaluation de politiques et de programme n'étaient pas à l'origine destinées à l'évaluation environnementale. Ceci explique sans doute les limites à l'utilisation de ces méthodes dans le domaine de l'environnement (voir à ce propos Pacaut, 2000).

Le choix des outils dépend du contexte sociopolitique, de l'action stratégique (politique, plan ou programme), mais surtout de la phase de l'ÉES (voir tableau 5.6) (Fisher, 2007). Il convient alors d'explorer parmi la panoplie d'outils, ceux qui conviennent le mieux aux circonstances du moment (Brown et Therivel, 2000).

Au-delà des techniques et outils, le développement des ÉES permet ultimement de prendre en compte les impacts cumulatifs (Bragagnolo et *al.*, 2012) et dépend entre autres de l'implication des autorités publiques en faveur du développement durable à travers un renforcement des politiques environnementales (Therivel, 1996; Lerond, 2003). Ce dernier point qui paraît crucial présente un défi particulier dans la plupart des pays en développement du fait de la faiblesse de la planification environnementale. En effet, les contraintes institutionnelles limitent l'application et l'utilisation de l'ÉES (Sadler et Fuller, 1999).

C'est pourquoi, Lerond et *al.* (2003) estiment que l'ÉES se heurte plus à des difficultés pratiques et à l'absence de sensibilisation des acteurs qu'à des difficultés méthodologiques. À ce propos, ces auteurs donnent comme piste de solution le bilan des expériences réalisé au Canada par Leblanc et Fisher (1994). Ainsi, l'ÉES doit être soutenue par une obligation

formelle avec une définition aussi claire que possible de l'autorité compétente, elle doit être menée tôt, les autorités doivent être sensibilisées, le processus doit être intégré aux processus de décisions existants, et disposer de lignes directrices claires et pratiques ainsi que de sources de connaissance et d'expertise. Sur certains aspects, l'aide multicritère à la décision peut s'avérer utile, puisqu'elle permet de désenclaver les savoirs tout en servant de cadre d'apprentissage pour toutes les parties prenantes au processus d'évaluation.

Tableau 5.6 Techniques et outils utilisés suivant les phases de l'ÉES

Étapes de l'ÉES	Techniques et outils
1. Détermination de la portée de l'évaluation et identification des parties prenantes	<ul style="list-style-type: none"> • AMCD • revues de littérature
2. Description des options stratégiques en termes de domaine d'application, de limites d'application spatio-temporelle et d'objectifs environnementaux et socio-économiques	<ul style="list-style-type: none"> • revues de littérature • avis d'expert • analyse de scénarios • AMCD
3. Définition des objectifs de l'ÉES	AMCD; analyse des parties prenantes destinées à identifier celles qui sont affectées et impliquées dans la décision PPP; enquêtes de consultation; processus de création d'un consensus, etc.
4. Évaluation des effets potentiels	AMCD; ACV; SIG; avis d'expert ; revue de littérature; liste de vérification; matrices et analyse de réseau; modélisation ou prévision des effets; techniques participatives ou consultatives; analyse des impacts cumulatifs; indicateurs
5. Détermination de l'importance des effets/impacts	AMCD; avis d'expert; ACV; technique Delphi
6. Comparaison des options et identification des meilleures options	AMCD; analyse de scénarios; analyse; coûts/avantages; analyse ou évaluation des risques; ACV; sondages d'opinion pour identifier les priorités; technique Delphi; matrice d'impact, etc.
7. Suivi	Indicateurs; enquêtes; rapports; avis d'experts, etc.

Sources adapté de Pacaut, 2000; OCDE, 2006; Fischer, 2007.

Un certain nombre de techniques et outils sont plus communément utilisés que d'autres (voir Fisher, 2007). À ce propos, il convient de relever la place prépondérante de l'AMCD comme outil utilisé au cours de 5 étapes sur les 7 du processus d'ÉES. Ainsi, l'utilisation récurrente de cet outil, objet principal de la recherche, démontre sa pertinence en ÉES, en encourageant le dialogue entre les parties, aspect qui fait défaut lors de l'utilisation de certains outils (Noble et *al.* 2012). La section 5.5 qui suit présente l'AMCD de façon détaillée.

5.5 Aide multicritère à la décision: outil d'évaluation environnementale stratégique

Dans cette section, après avoir présenté l'approche d'AMCD et introduit les concepts de base, nous reviendrons sur les critiques formulées sur les méthodes monocritère et leurs limites et inadéquation à traiter des questions environnementales. Elles sont en effet de nature complexe et surtout multidimensionnelle. Elles nécessitent au moins la prise en compte des dimensions sociale, économique et biophysique. La mise à jour de ces limites permettra d'introduire les méthodes multicritères et leur intérêt en évaluation environnementale. Nous expliciterons les éléments taxinomiques que sont les niveaux de processus, les types de problématiques, ainsi que l'agrégation des performances et approches opérationnelles. Finalement, nous nous positionnons sur l'approche opérationnelle d'agrégation partielle qui semble la mieux convenir à une intégration réussie de l'AMCD comme outil d'ÉES.

5.5.1 Approche adoptée

L'aide multicritère à la décision (AMCD) est bien documentée en publications méthodologiques, synoptiques ou d'application de grande qualité (Simos, 1990). En effet, depuis ses débuts dans les années 60 (Roy, Vanderpooten, 1997), l'AMCD a fait l'objet d'une importante recherche et a donné lieu à l'élaboration de plusieurs méthodes et outils (Caillet, 2003; Montignac et *al.*, 2009) provenant de divers courants de pensées (Geldermann et Schöbel, 2011). Une revue de littérature en aide multicritère à la décision réalisée par Guitouni et Martel (1998) indique l'existence de plusieurs méthodes (Guitouni et *al.*, 2010). Dans le seul domaine de l'agrégation partielle (voir sous-section 5.5.4.2), Shärlig (1996) relevait déjà que de nombreuses méthodes ont été proposées et il n'est pas exagéré de dire que les besoins sont maintenant remplis. Ces méthodes qui ont pour but de permettre aux décideurs de faire le «bon» choix (Caillet, 2003), trouvent leurs applications dans plusieurs

domaines comme la gestion des ressources naturelles (Denguir-Rekik, 2007), la planification énergétique, l'aménagement (...) (Montignac et al., 2009) et l'environnement. L'AMCD a un potentiel d'utilisation dans ce dernier domaine car elle stimule les discussions et le partage d'informations (Dooley et al., 2009) dans ce domaine par nature multicritère. L'AMC permet par ailleurs de créer un cadre de prise de décision transparent (Hajkowicz et Collins, 2007) en plus de contribuer à la recherche d'une solution acceptable et robuste (Beinat, 2001; Bottero et al., 2011) dans un esprit de collaboration entre les parties prenantes (Hyde et al., 2003) (voir aussi chapitre XI).

Toutefois, aucune des méthodes disponibles ne peut être considérée comme valable dans toutes les situations de prise de décision (Guitouni et Martel, 1998). De surcroît, le nombre d'applications réelles est encore faible (Guitouni et al, 2010). Aussi, alors que d'autres contributions (Kourouma, 2005; Samoura 2011) ont déjà été orientées sur l'applicabilité des approches multicritères en évaluation environnementale stratégique, ici, nous utilisons cette approche éprouvée pour en explorer et en valoriser les avantages dans un modèle de prise en compte de la biodiversité dans le contexte d'un bassin fluvial de l'Afrique de l'Ouest. Aussi, seuls les éléments de l'AMCD, essentiels au traitement de la problématique de recherche seront explicités. Le lecteur intéressé à approfondir le cadre conceptuel de l'AMCD peut se référer à Schärli (1985); Roy (1985); Vincke (1989); Roy et Bouyssou (1993) ou Figuera et al., (2005). Ces derniers auteurs en particulier ont dressé un état de l'art exhaustif des méthodes et outils en AMCD.

5.5.2 Définition et concept d'aide à la décision

Comme toute méthodologie de portée un peu générale (Roy, 1985), l'AMCD a son propre langage soutenu par quelques notions de base qu'il convient d'explicitier au préalable. Ainsi,

«l'aide à la décision est l'activité de celui qui, prenant appui sur des modèles clairement explicités mais non nécessairement complètement formalisés, aide à obtenir des éléments de réponses aux questions que se pose un intervenant dans le processus de décision, éléments concourant à éclairer la décision et normalement à prescrire, ou simplement à favoriser un comportement de nature à accroître la cohérence entre l'évolution du processus d'une part, les objectifs et le système de valeurs au service desquels cet intervenant se trouve placé d'autre part» (Roy, 1985 p. 15; Roy et Bouyssou, 1993, p. 21).

L'aide à la décision ne relève que d'une façon très partielle d'une recherche de la vérité mais contribue plutôt à construire, à asseoir et à faire partager des convictions (Simos, 1990). Nous en déduisons que l'aide à la décision est une démarche qui valorise les informations même fragmentaires dans un processus continu et itératif pour expliciter une problématique donnée et surtout pour aider à déterminer une ou des solutions de compromis en fonction du type de problématique à l'étude. La possibilité d'utiliser un ensemble d'informations disponibles à un instant donné, afin de formuler un problème et aboutir à une décision sur un objet précis (Nafi et Werey, 2009) est particulièrement intéressante dans notre milieu d'étude où on dispose de peu d'informations détaillées (voir chapitre I). On peut donc faire de l'aide à la décision basée sur un critère, ce qui selon Simos (1990) présente peu d'intérêt en évaluation environnementale. Nous nous intéresserons donc à l'aide multicritère à la décision dans la suite de cette thèse.

5.5.3 Paradigme multicritère et optimisation

De tout temps, les responsables de la prise de décisions se sont concentrés sur la recherche de solutions optimales (Brans et Marechal, 2002). Et, avant l'apparition de l'analyse multicritère, les problèmes de décision se ramenaient le plus souvent à l'optimisation d'une fonction économique (Ben Mena, 2000). Un problème d'optimisation débouche sur des problèmes mathématiques bien posés (Simos, 1990; Ben Mena, 2000; Brans et Mareschal, 2002) (voir aussi la préface de Roy au livre de Vincke, 1989) mais qui n'étaient pas toujours représentatifs de la réalité (Ben Mena, 2000) car:

- la comparaison de plusieurs actions possibles se fait rarement suivant un seul critère ;
- les préférences sur un critère sont, dans bien des cas, difficilement modélisables par une fonction ;
- lorsqu'il y a plusieurs objectifs, il est impossible de les atteindre tous à la fois (Maystre *et al.* 1994).

Dans le paradigme classique de la recherche opérationnelle le postulat de l'optimum¹⁷ constitue, de manière implicite, un des fondements méthodologiques (Roy, 1985, Simos,

¹⁷ Postulat de l'optimum : dans toute situation devant entraîner une décision, il existe au moins une décision optimale, décision pour laquelle il est possible (sous réserve de disposer de suffisamment de temps et de moyens) d'établir objectivement (c'est-à-dire indépendamment de tout système de valeurs) qu'il n'existe pas de strictement meilleure et ceci en demeurant neutre vis-à-vis du processus de décision (Simos, 1990, p 37)

1990). Pourtant, cette optimisation se base sur des hypothèses extrêmement lourdes (Ben Mena, 2000) ou contraintes (Shärlig; 1985; Simos, 1990), qui sont au nombre de trois :

- la première, dite de globalité, suppose que, par la recherche d'une décision optimale parmi toutes les actions potentielles, on pourra désigner une action unique comme la meilleure. Cela présume que toutes les actions potentielles comprennent tous les aspects de la question et sont mutuellement exclusives. Or elles sont souvent complémentaires, partielles et rarement globales;
- la deuxième, dite de stabilité, postule que l'ensemble des actions potentielles n'est jamais remis en cause lors de l'étude. Or, cette dernière fait souvent jaillir de nouvelles idées au cours de son déroulement;
- la troisième et dernière hypothèse est celle de complète comparabilité transitive. Elle souffre de trois grandes critiques :
 - elle ne tient pas compte de la situation d'incomparabilité;
 - elle ignore le fait que l'indifférence est parfois intransitive;
 - elle oublie que la préférence elle-même n'est pas nécessairement transitive.

En fait, dans les vrais problèmes de gestion (ceux qui ne sont pas uniquement techniques mais où intervient le facteur humain), cette troisième contrainte n'est jamais levée (Shärlig, 1996).

Outre le postulat de l'existence d'un optimum, on notera que la recherche opérationnelle repose encore sur deux autres postulats (Simos, 1990; Ben Mena, 2000), tout aussi contestables, qui portent l'un sur le modèle, l'autre sur la décision (Ben Mena, 2000). Ces postulats sont appelés par Simos (1990), respectivement postulat de la réalité de premier ordre et postulat du décideur¹⁸ (voir Simos, 1990, p. 37-38).

La notion d'optimum est donc vide de sens dans certaines situations (Shärlig, 1996). Cela justifie le choix du paradigme multicritère qui peut, selon Simos (1990), apporter des explications et guider l'action au moins dans les domaines où la décision humaine intervient.

¹⁸ La conception classique de l'optimum sous-entend que l'étude conduit à une décision nette, indiscutée, prise une fois pour toutes, à un moment précis et par une personne responsable. En fait, une décision est souvent un processus chaotique, fruit de nombreuses confrontations entre les systèmes de préférences de plusieurs personnes, et fruit de toutes sortes d'interactions et de synergies. Quant au modèle, il est censé représenter le problème sous une certaine forme mathématique, pour pouvoir ensuite lui appliquer des règles et des procédés mathématiques et en faire sortir ainsi la solution optimale. Encore faut-il être certain que le modèle retenu représente bien la réalité. Ce qui n'est pas souvent le cas (voir Ben Mena, 2000 et Simos, 1990).

En effet, toute la réalité humaine est "*à points de vue multiples*" ou encore multicritère (Ben Mena, 2000). De ce fait, lorsque le problème de décision est multicritère, il n'y a plus de solutions optimales au sens d'une solution unique prenant en compte l'ensemble des critères et des systèmes de valeurs, mais des solutions de meilleurs compromis (Brans et Marechal, 2002). Mais, retenons quand même que le paradigme de l'optimisation n'est pas toujours à rejeter et peut se révéler pertinent aussi bien dans les sciences exactes qu'en gestion. Ainsi, la gestion opérationnelle qui en est la traduction, s'est maintes fois révélée utile (Shärlig, 1996).

Ainsi, adopter l'optique multicritère, en matière de décision, c'est avant tout prendre ses distances vis-à-vis de l'optimisation. C'est aussi quitter la recherche opérationnelle classique pour joindre l'aide à la décision. C'est encore abandonner les méthodes «dures» pour des méthodes plus «douces» (Shärlig, 1985). En effet, un problème multicritère est mathématiquement mal posé et n'a donc pas de solution optimale (Roy, 1985; Simos, 1990; Ben Mena, 2000) mais a un sens pour le décideur et est de ce fait économiquement bien posé (Brans et Mareschal, 2002).

L'AMCD se présente comme une alternative aux méthodes d'optimisation classiques basées sur la définition d'une fonction unique, souvent exprimée en termes économiques (monétaire) (Ben Mena, 2000; Nafi et Werey, 2009) et qui reflète la prise en compte de plusieurs critères (Simos, 1990; Nafi et Werey 2009), souvent incommensurables (Nafi et Werey, 2009), voir conflictuels (Simos, 1990). L'intérêt des méthodes multicritères est de considérer un ensemble de critères de différentes natures (exprimés en unités différentes), sans nécessairement les transformer en critères économiques, ni en une fonction unique (Nafi et Werey, 2009). Il ne s'agit pas de rechercher un optimum, mais une solution de compromis (Simos, 1990; Nafi et Werey, 2009). Et donc, il faut comprendre qu'il n'y a pas de solution de compromis universelle puisque chaque solution dépend du décideur (Brans et Marechal, 2002) ou des décideurs. C'est pour cela que Montgolfier (1987) cité par Simos, (1990) estimait déjà que l'approche multicritère évoluerait de plus en plus vers l'aide à la négociation. C'est aujourd'hui le cas dans la plupart des approches opérationnelles et cela à tous les niveaux du processus de décision.

5.5.4 Éléments taxinomiques

5.5.4.1 Principales étapes d'une démarche multicritère

Plusieurs auteurs subdivisent la démarche d'aide multicritère en un processus décisionnel en quatre niveaux. Ainsi, nous pouvons déterminer quatre (4) niveaux (Simos, 1990; Roy et Bouyssou, 1993; Maystre et *al.*, 1994; Ben Mena, 2000). À chaque niveau, une série des questions sont formulées et qui doivent en principe trouver des réponses à l'issue du processus. Toutefois, cela n'implique pas nécessairement une réponse à toutes les questions d'un niveau avant de passer au niveau subséquent. C'est donc bien un processus itératif.

Niveau 1 : *Détermination de l'objet de la décision et de l'esprit de la recommandation.* Les questions auxquelles on doit répondre à cette étape sont les suivantes : sous quelle forme convient-il de modéliser la décision? Comment différencier les possibilités d'action ? Où placer la frontière entre ce qui est possible et ce qui ne l'est pas? Dans quel esprit élaborer les modèles? Quelles formes doivent prendre les recommandations ?

Niveau 2 : *Analyse des conséquences et élaboration des critères.* Une série de 5 questions sera abordée : en quoi, sous la forme où elle a été modélisée, la décision conditionne-t-elle l'évolution du processus? Quelles sont les conséquences des décisions possibles susceptibles d'interférer avec les objectifs et systèmes de valeurs d'un intervenant quel qu'il soit? Parmi les conséquences ainsi explicitées, lesquelles doivent être formalisées et comment? Jusqu'à quel point chacune d'elle est discriminante pour éclairer la décision compte tenu, notamment, des facteurs d'imprécision, d'incertitude, d'indétermination? Comment construire les critères capables de prendre en compte ces conséquences et facteurs?

Niveau 3: *Modélisation des préférences globales et approches opérationnelles pour l'agrégation des performances.* Il regroupe un total de quatre (4) questions: parmi les variétés qui s'offrent pour définir les critères, comment sélectionner celles qui permettent d'appréhender «au mieux», en vue de l'aide à la décision, la totalité des conséquences? Que convient-il d'exiger d'une telle famille de critères pour qu'elle joue son rôle dans le travail d'étude proprement dit, tout en constituant une base de dialogue acceptable par les divers intervenants? Comment convient-il, dans le cas d'une analyse multicritère, d'agréger les

performances d'une action sur les divers critères pour la déclarer bonne ou mauvaise, meilleure ou pire qu'une autre? Quelles informations ayant trait, par exemple, à l'importance des critères est-il opportun de faire intervenir, et comment?

Niveau 4 : *Procédure d'investigation et élaboration de la recommandation*. Ce dernier niveau doit permettre de répondre à une seule question à savoir comment tirer parti du travail qui a été fait aux niveaux précédents pour fournir des réponses, voire élaborer une recommandation.

Certains auteurs résument ces quatre niveaux plutôt en trois phases. Ainsi, de façon condensée, Martel et Rousseau (1993) proposent le regroupement suivant: i) l'intelligence du problème, ii) sa description, iii) la recherche d'éléments de réponse aux questions (et donc les solutions) que se pose le décideur. Montignac et al (2009) parlent eux, de: i) la structuration du problème d'évaluation, ii) le développement d'un modèle d'évaluation et iii) l'élaboration de recommandations.

5.5.4.2 *Types de problématiques*

Les problèmes en aide multicritères à la décision se déclinent selon quatre formulations de bases: la problématique de choix dite Alpha, notée $P\alpha$, la problématique de tri, dite Bêta ou d'affectation notée $P\beta$, la problématique de rangement ou Gamma noté $P\gamma$ et enfin une problématique descriptive ou Delta notée $P\delta$ (Roy, 1985; Maystre et al 1993) (tableau 5.7).

Tableau 5.7 Identification des types de problématique

Problématique	Objectif	Résultat
$P\alpha$ Alpha	Éclairer la décision par le choix d'un sous-ensemble aussi restreint que possible en vue d'un choix final d'une seule action (optimums et <i>satisfecums</i>)	Un choix ou une procédure de sélection.
$P\beta$ Bêta	Éclairer la décision par un tri résultant d'une affectation de chaque action à une catégorie, les catégories étant définies a priori en fonction des normes ayant trait à la suite à donner aux actions qu'elles sont destinées à recevoir	Un tri ou une procédure d'affectation
$P\gamma$ Gamma	Éclairer la décision par un rangement obtenu en regroupant tout ou partie (les « plus satisfaisantes ») des actions en classes d'équivalence, ces classes étant ordonnées, de façon complète ou partielle, conformément aux préférences	Un rangement ou procédure de classement
$P\delta$ Delta	Éclairer la décision par une description, dans un langage approprié, des actions et de leurs conséquences	Une description ou une procédure cognitive

Source adapté de Roy (1985) et Maystre et *al.* (1994).

Le choix d'une problématique précède bien sûr celui d'une méthode et est conditionné par la formulation du problème et par la manière dont l'homme d'étude envisage l'aide à la décision (Maystre et *al.* 1994). Ainsi, selon ces auteurs, il convient d'explorer quelques caractéristiques pratiques (voir Maystre et *al.* 1994, p. 159, pour plus de détails) de chacune de ces problématiques avant d'opérer un choix.

Aussi, dans le cadre de cette étude, nous optons résolument pour une problématique de type Gamma. Cela tient d'une part à l'objet même que nous nous sommes fixés dans le cadre de cette étude. D'autre part, en *classant* les actions potentielles les unes par rapport aux autres, cette problématique offre la meilleure restitution au niveau global des conflits pouvant exister au niveau des critères; cette restitution est particulièrement claire avec la représentation en plan (voir Maystre et *al.* 1994, p. 179), notamment en ce qui concerne l'incomparabilité. Du fait même de son caractère «relatif», elle est sensible à la présence des clones¹⁹ (Maystre et

¹⁹ Ensemble d'actions très proches se comparant de manière identique avec toutes les autres actions. Ces clones peuvent être considérés comme des sous-variantes d'une seule action de base; leur présence a pour conséquence de reléguer en fin de classement ou dans une forte incomparabilité une action qui,

al. 1994). Elle présente donc, de notre point de vue, des avantages certains pour traiter des problèmes d'environnement qui se déclinent sous plusieurs dimensions souvent contradictoires. Mais, cette problématique est le plus souvent combinée à celle, dite descriptive qui est un peu le passage obligé dans toutes les autres problématiques. Cet aspect aussi cadre parfaitement avec nos objectifs de recherche, qui visent entre autres à mettre à jour les enjeux liés à la biodiversité, donc à décrire la situation actuelle de la biodiversité. De toute manière, dans la pratique, on constate qu'un problème ne relève pas toujours de manière nette de l'une des problématiques à l'exclusion des autres (Shärlig, 1996). Quelque soit le type de problématique abordée, le processus suit les mêmes étapes (voir section 5.5.4.1).

5.5.4.3 *Agrégation des performances et approches opérationnelles*

Simos (1990) distingue trois approches opérationnelles. Ces approches correspondent chez Roy (1985) à: i) l'approche du critère unique de synthèse évacuant l'incomparabilité, ii) l'approche du surclassement de synthèse et iii) l'approche du jugement local interactif. Elles sont respectivement appelées par Vincke (1989) : théorie de l'utilité multi attributs, méthodes du surclassement de synthèse et méthodes interactives ou par Brans et Mareschal (2002) : méthodes d'agrégation, méthodes de surclassement et méthodes interactives. Chacune de ces méthodes impliquent de céder sur certaines exigences puisque qu'aucune méthode ne respecte la totalité des exigences qu'on peut se fixer dans un processus (Schärlig, 1985). De ce fait, le choix de la méthode, qui est fonction de la nature du problème AI-Shemmeri et al., 1997), indique implicitement les choix des exigences qui ne seront pas satisfaites.

Mais conformément à l'approche présentée à la section 5.5.1, le fonctionnement de toutes ces méthodes ne sera pas développé. Nous nous contenterons d'exposer les bases théoriques et de citer les méthodes les plus répandues.

1) *Méthodes d'agrégation complète.*

Elles sont dites de l'« école nord-américaine ». Cette approche aboutit à un critère unique de synthèse par agrégation des performances d'une option selon les préférences d'un décideur. Il

en leur absence, pourrait briguer les honneurs. Ce phénomène est parfois volontaire, pour manipuler le processus décisionnel; on parle alors d'actions faire-valoir; le phénomène inverse existe également (actions repoussoir).

s'agit d'inclure toutes les performances dans ce qu'on appellerait en mathématique une fonction d'utilité ou d'agrégation (Roy, 1985). Une telle démarche suppose donc que tous les critères sont commensurables, ce qui n'est évidemment pas toujours le cas. Ces méthodes autorisent la compensation des jugements, qui sont transitifs entre les différents critères (Ben Mena, 2000; Tille, 2001) d'où l'appellation "agrégation complète transitive" encore appelée "approche du critère unique de synthèse évacuant toute incomparabilité" (Roy, 1985; Maystre *et al.* 1994). Une des lacunes de ces méthodes, c'est qu'elles fonctionnent comme *moulinettes, qui donnent l'impression d'extraire tout le suc des informations d'une manière arbitraire, et en général peu transparente*» (Schärlig, 1985, p. 63). C'est comme-ci, après avoir adopté une logique multicritère, on revient finalement à un problème monocritère en «mollissant» sur l'absence de commensurabilité des critères (*ibid.*). Ainsi les critères qualitatifs doivent être retranscrits sous forme de notes (Tille, 2001).

Malgré tout, les méthodes de cette catégorie, peuvent s'avérer intéressantes ou tout simplement les seules utilisables dans certains cas (Schärlig, 1985). La méthode d'agrégation complète la plus connue est la somme (moyenne) pondérée de notes (d'examen scolaire par exemple). Elle présente comme défauts, graves ou non selon la situation, une compensation possible entre critères (notes) et une forte sensibilité aux changements d'échelle. La multiplication de ratios, avec les poids en exposants, est une méthode qui pallie ces défauts mais nécessite que chaque échelle de critère aille dans le même sens (Ben Mena, 2000). Le lecteur intéressé par une vision plus complète de cette catégorie peut se référer à Maystre *et al.* (1994) et à Schärlig (1985).

2) Méthodes d'agrégation partielle

Ces méthodes sont développées par les tenants de l'« école européenne ». L'agrégation partielle consiste tout d'abord à comparer les variantes deux par deux, critère par critère. Ceci permet d'établir les relations de surclassement qui existent entre elles (préférence forte ou faible, indifférence ou incomparabilité) (Tille, 2001). C'est une démarche qui respecte à la fois l'incomparabilité et l'intransitivité, mais se traduit par des résultats moins clairs que dans l'agrégation totale. En effet, cette technique ne permet pas d'obtenir un résultat indiscutable comme on s'y attend en général, pour tout ce qui est à base de mathématique (Schärlig, 1985). D'aucuns disent qu'elle est mathématiquement mal posée. Comme on se contente

dans ce cas d'appréhender partiellement les conséquences des divers jugements, cette attitude est dite d'agrégation partielle. D'autres auteurs (Roy, 1985; Maystre *et al.* 1994) l'appellent encore "approche du surclassement de synthèse acceptant l'incomparabilité" ou "méthodes de surclassement" (Vincke, 1989).

Dans cette approche, la technique consiste à comparer les actions deux à deux et à vérifier si, selon certaines conditions préétablies, l'une des deux actions surclasse l'autre ou pas et ce, de façon claire et nette. À partir de toutes ces comparaisons, on tente ensuite de réaliser une synthèse. Il existe plusieurs variantes des méthodes d'agrégation partielle, qui se différencient par leur façon de réaliser ces deux étapes (Ben Mena, 2000). On peut citer les méthodes de la famille *ELECTRE* (Élimination Et Choix Traduisant la Réalité, e.g: Electre I, Electre II, Electre III, Electre IV, Electre Tri, Electre IS), qui ont été développées par Bernard Roy et ses collaborateurs du Laboratoire d'Analyse et Modélisation de Systèmes pour l'Aide à la Décision (LAMSADE) associé à l'Université Paris-Dauphine et au CNRS. Citons aussi la méthode MACBETH (*Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique*; mesurer l'attractivité par une technique d'évaluation basée sur des catégories) et aussi les méthodes PROMETHEE (*Preference Ranking Organisation Methode for Enrichment Evaluations*) et GAIA (*Geometric Analysis for Interactive Assistance*).

Les méthodes de surclassement sont les plus utilisées parce qu'elles s'adaptent mieux aux problèmes réels tout en étant mieux compréhensibles pour les décideurs (Al-Kloub *et al.*, 1997); Al-Rashdan *et al.*, 1999). Toutes ces méthodes sont largement explicitées et mises en applications dans quelques ouvrages. Le lecteur intéressé peut se référer entre autres à Roy (1985); Schärli (1985); Maystre *et al.* (1994) ou Maystre et Bollinger (1999). Nous reviendrons cependant sur les méthodes PROMETHEE et GAIA retenues dans le cadre de cette étude, de même que sur les raisons qui ont guidé le choix (section 5.5.4.5).

3) Méthodes d'agrégation locale

Les deux types de méthodes d'agrégation précédents, supposent que l'ensemble A des actions soit de dimension raisonnable. Or l'ensemble A des actions candidates peut être très grand, voire infini lorsque les actions varient en continu. La technique consiste à partir d'une solution de départ (aussi bonne que possible) et à voir "autour" de cette solution s'il n'y en a

pas de meilleure (Ben Mena, 2000). On pratique donc une exploration locale et répétitive de A; d'où son nom de technique d'agrégation locale itérative (Schärlig, 1985). Ces méthodes sont en outre souvent interactives entre l'analyste en AMCD et le décideur. C'est pourquoi on les nomme aussi "approche du jugement local interactif avec itérations essais-erreur" (Roy, 1985; Maystre *et al.* 1994) ou encore "méthodes interactives" (Vincke, 1989). On notera qu'ici, on a renoncé à toute vision globale. Chaque itération peut être décomposée en trois phases (Roy, 1975a *in* Schärlig, 1985):

- une phase de recherche : l'homme d'étude exploite les informations recueillies au cours de l'itération précédente afin de se faire une meilleure idée des préférences implicites du décideur ;
- une phase de réinitialisation : l'homme d'étude "repart à zéro" sur la base de toutes les informations en sa possession et met au point une nouvelle proposition pour la soumettre au décideur ;
- une phase de réaction : le décideur émet un avis sur la dernière proposition et l'homme d'étude injecte cette nouvelle information dans une nouvelle itération.

Le processus s'arrête lorsque le décideur se montre satisfait (Ben Mena, 2000). Cette méthode n'est pas à conseiller si le décideur est un groupe d'acteurs, car cette approche ne favorise pas la négociation, les nombreuses itérations et la complexité des opérations étant autant d'occasions de remise en question de la procédure (Joerin, 1998, cité par Tille, 2001). Ces méthodes ne sont donc pas adaptées à notre étude qui se déroule dans un contexte multi acteurs.

5.5.4.4 *Méthode d'agrégation et approches opérationnelles adoptées*

Dans cette étude, nous optons pour la méthode d'agrégation partielle dite de surclassement. En effet, c'est une méthode non compensatoire et qui est bien adaptée dans un contexte de gestion environnementale (Kourouma, 2005). À titre d'exemple, la perte d'une espèce peut difficilement être compensée par la préservation d'une autre. En outre l'agrégation partielle est plus respectueuse du sens de l'imprécis et fait moins violence aux acteurs que l'agrégation totale, tout en offrant plus de sécurité intellectuelle, une notion subjective, que l'agrégation locale et itérative» (Maystre et Bollinger, 1999, voir la section 5.5.1 pour les autres avantages de l'agrégation partielle). Cela fait d'elle à notre sens la méthode idéale pour traiter de la biodiversité qui, comme nous l'avons vu (chapitre IV) est caractérisée par l'imprécision et la faiblesse des données surtout en Afrique de l'Ouest.

Nous avons vu (section 5.5.4.3) que la méthode d'agrégation partielle peut être mise en œuvre au moyen de plusieurs approches opérationnelles. Entendu que nous avons choisi une problématique de type Gamma (point 5.5.4.2) pour le rangement des options de mise en valeur des zones de barrages, nous optons pour les approches PROMETHEE²⁰ et GAIA²¹ pour l'opérationnalisation de la mise en œuvre. La gestion de l'environnement est en effet un excellent d'application de ces méthodes (Behzadian *et al.*, 2010).

Les méthodes PROMETHEE et GAIA tiennent en effet compte des exigences relatives aux méthodes multicritères appropriées : i) prise en compte des écarts; ii) élimination des effets d'échelles; iii) incomparabilité; iv) simplicité, v) signification de l'information supplémentaire; vi) aspects conflictuels des critères et vii) interprétation des poids (Le Teno et Mareschal, 1998; voir aussi Brans et Marechal, 2002, p. 46 et 47). Elles ont tellement des points communs avec Électre, qu'on la dit parfois «de type Électre» et est considérée par certains comme une simplification (Shärlig, 1996) (voir figure 5.4). Mais, Électre III, est une méthode qui, dans sa catégorie présente un degré de complexité sans pareil (Ben Mena, 2001). Par contre, les méthodes PROMETHEE et GAIA requièrent du décideur une information particulièrement simple et claire (Brans et Mareschal, 2002; Halouani *et al.*, 2009; Behzadian *et al.*, 2010), consistant à attribuer des poids d'importance relative aux critères et à établir pour chaque critère le degré de préférence d'une action par rapport à une autre en fonction de l'écart observé sur ce critère (Brans et Mareschal, 2002). Elle dispose aussi d'un tableau donnant la sensibilité du résultat vis-à-vis des poids choisis (Halouani *et al.*, 2009; Shärlig, 1996). Ces méthodes connaissent donc un intérêt grandissant auprès de la communauté de pratique en AMCD (De Keyser et Peeters, 1996; Behzadian *et al.*, 2010). La simplicité de PROMETHEE se révèle par contre peu sûr, notamment du fait du classement sur les flux positifs et négatifs (voir Shärlig, 1996, p.133) car cela manque de nuance dans la valuation des arcs de surclassement et dans leur exploitation (Shärlig, 1985). Quant à la méthode MACBETH, même si elle est particulièrement appropriée pour construire des échelles de mesure, la nécessité de réunir toutes les parties prenantes pour réaliser les étapes de la méthode sous la gouverne du spécialiste en aide à la décision qui anime les discussions et établit le consensus au fur et à mesure, peut masquer les divergences potentielles.

²⁰ PROMETHEE: Preference Ranking Organisation METHod for Enrichment Evaluation.

²¹ Geometrical Analysis for Interactive Assistance.

Conformément à l'approche adoptée au début du sous chapitre, seules les méthodes PROMETHEE et GAIA seront explicitées ici.

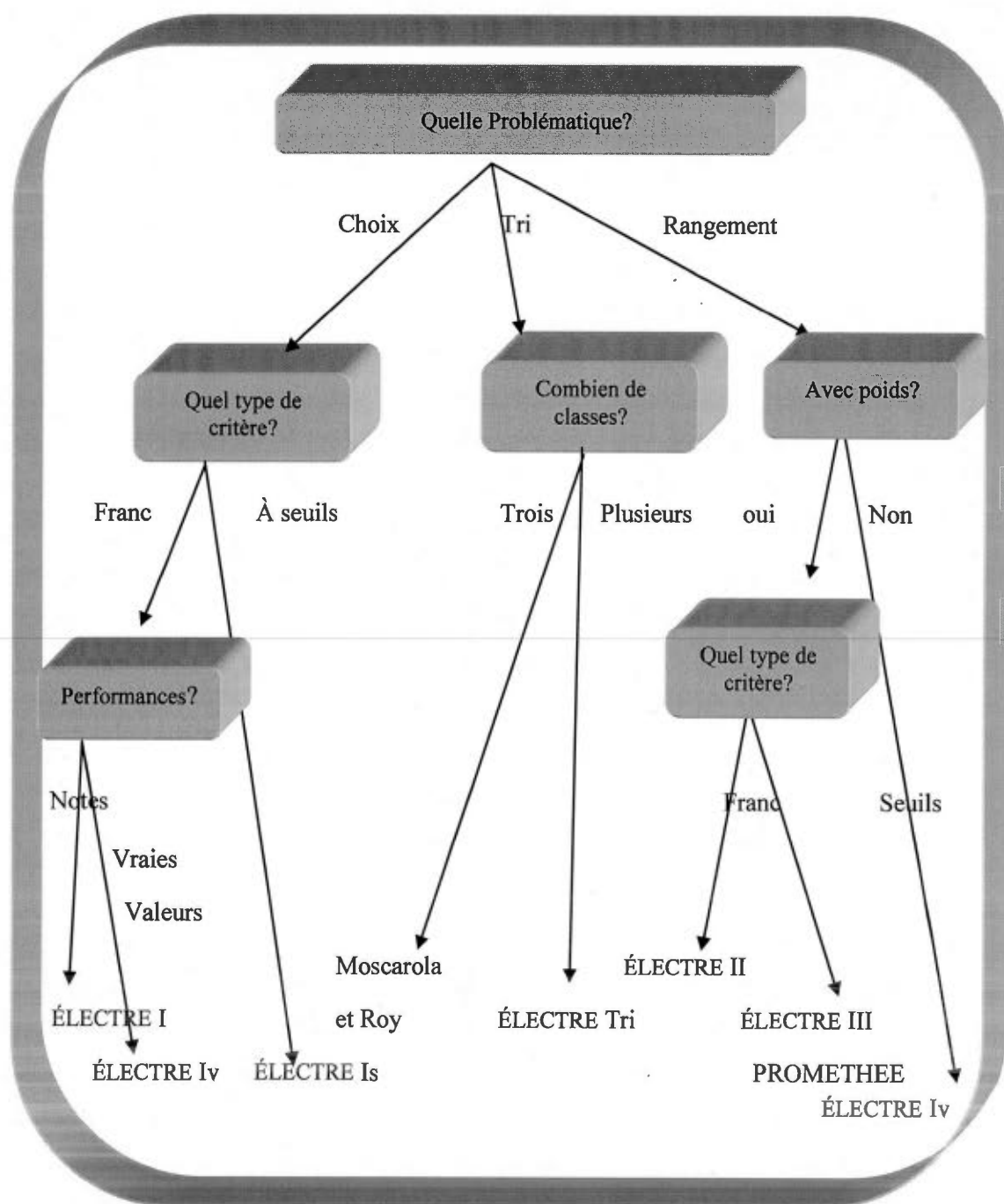


Figure 5.4 Arbre de décision pour choisir la "bonne méthode"
(Adapté de Shärlig, 1996, p. 146).

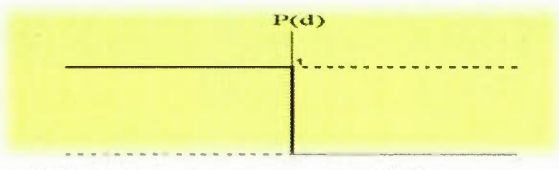
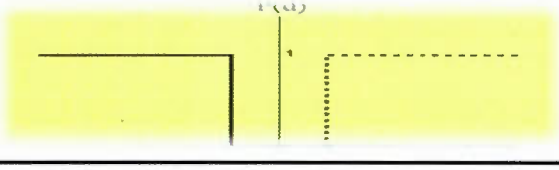
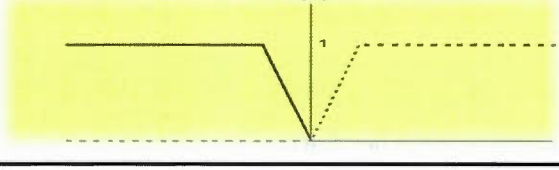
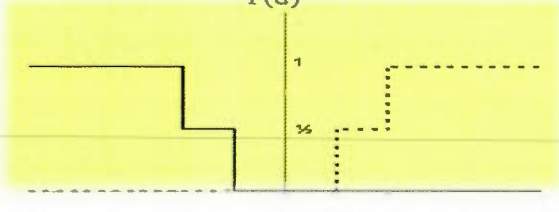
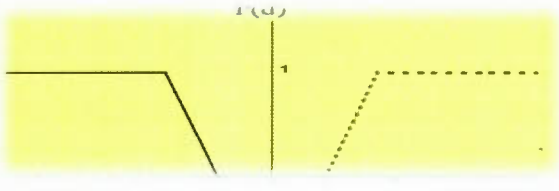
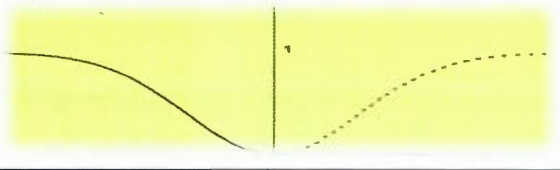
5.5.4.5 Description des méthodes PROMETHEE et GAIA

PROMETHEE constitue la partie normative de la méthodologie, qui donne non seulement le rangement mais aussi le profil des actions sur l'ensemble de critères tandis que GAIA est son complément descriptif qui fournit une visualisation graphique du problème (Brans et Marechal, 2002). Comme pour ÉLECTRE, il existe plusieurs variantes de la méthode PROMETHEE, mais seules PROMETHEE I et II, seront traitées ici. Le lecteur intéressé par les autres variantes (III et IV) peut se référer à l'ouvrage de Brans et Marechal (2002) qui présente de façon complète et détaillée toutes les méthodes PROMETHEE et GAIA. Aussi, la description qui suit constitue une synthèse qui fait l'impasse sur les détails mathématiques de l'approche à partir de Brans et Marechal (2002) et aussi d'autres sources complémentaires qui seront citées s'il y a lieu.

Ces méthodes reposent sur trois étapes :

- 1) L'enrichissement de la structure de préférence qui introduit une fonction de préférence définissant la notion de critère généralisé. Cela permet de tenir compte de l'amplitude des écarts entre les évaluations sur chaque critère et d'éliminer tous les effets d'échelles liés aux unités dans lesquelles les critères sont exprimés. Dans chaque cas, le degré de préférence varie de 0 à 1. Il existe six (6) fonctions de préférences (tableau 5.8) (voir aussi Brans et Marechal. 2002, section 3.2.1. et aussi Shärlig, 1985, p. 184-187).

Tableau 5.8 Types de critères généralisés

Type	Représentation graphique	Paramètres
Type I Critère Usuel		
Type II Quasi-critère		q_1 : seuil d'indifférence
Type III Critère à préférence linéaire		p_j : seuil de préférence stricte
Type IV Critère à paliers		q_j : seuil d'indifférence p_j : seuil de préférence stricte
Type V Critère à préférence linéaire avec zone d'indifférence		q_j : seuil d'indifférence p_j : seuil de préférence stricte
Type VI Critère gaussien		S_j : seuil de préférence

Source Brans et Maréchal (2002).

- type I : dans le type I correspondant au vrai critère ou critère usuel, il y a préférence stricte dès qu'il y a le moindre écart entre les évaluations de deux critères;

- type II : dans le deuxième type, deux actions sont indifférentes aussi longtemps que l'écart entre leur évaluation ne dépasse pas un seuil q_j . Mais au-delà de ce seuil, dit d'indifférence, la préférence est stricte;
- type III : ce type de critère de forme V appelé critère à préférence linéaire exige la fixation d'un paramètre p qui représente un seuil de préférence. Il permet au décideur de préférer progressivement une action par rapport à une autre en fonction de l'écart entre leur évaluation sur ce critère. Le degré de préférence croît linéairement jusqu'à ce qu'un seuil p_j soit atteint. Au-delà de ce seuil, la préférence est stricte;
- type IV : il correspond au critère à paliers ou pseudo critère. Deux paramètres p (seuil de préférence) et q (seuil d'indifférence) doivent être fixés. Entre 0 et q , il y a indifférence entre les actions, de q à p la préférence est faible, au delà de p la préférence devient stricte;
- type V : correspond au critère à préférence linéaire avec zone d'indifférence. Deux paramètres p et q doivent aussi être fixés. Il y a une zone d'indifférence entre 0 et q , ensuite vient une zone de palier de préférence jusqu'à p et au delà de p la préférence devient stricte;
- type VI : ce dernier type de fonction de préférence est le critère gaussien avec fixation d'un seul seuil dit gaussien, où le degré de préférence croît de façon continue. Si l'écart entre les évaluations des actions est égal à ce seuil, la préférence est faible.

Il est à noter que les types I et II sont des cas particuliers du type IV; les types I, II et III sont des cas particuliers du type V. Le choix d'un type donné permet au décideur d'amplifier ou d'atténuer l'impact de ce critère sur le processus de décision. Les promoteurs de la méthode ont proposé des lignes directrices pour le choix des fonctions de préférences (chapitre VI).

- 2) L'enrichissement de la relation de dominance est une étape qui permet de déterminer une relation de surclassement *valuée* tenant compte de l'ensemble des critères. Pour chaque paire d'actions, un degré de préférence global d'une action sur l'autre est établi. Il s'agit de déterminer, après fixation des fonctions de préférence et des paramètres associés, sur une paire d'action (a_i et a_k) laquelle des deux surclasse l'autre en tenant compte de la différence d'évaluation entre les deux sur un critère j donné. Pour obtenir une valeur globale des préférences, on calcule un indice multicritère pour l'hypothèse a_i surclasse a_k en additionnant toutes les valeurs de préférence par critère, chacune multipliée par le poids du critère correspondant. Les flux ainsi obtenus permettent de juger la relation de préférence.
- 3) L'aide à la décision consiste à exploiter la relation de surclassement. Cette étape permet de ranger partiellement (PROMETHEE I) ou totalement (PROMETHEE II)

les actions sur la base des flux de surclassement calculé à l'étape 2). Elle permet en outre la visualisation des résultats à partir du plan GAIA.

a. Rangement des actions : PROMETHEE I et II

Les rangements des actions sont établis en considérant les flux multicritères sortant et entrant tout en acceptant les incomparabilités et les indifférences. Le flux sortant $\Phi^+(a_i)$ mesure le caractère surclassant d'une action tandis que le flux entrant $\Phi^-(a_i)$ mesure le caractère surclassé d'une action et leur différence est appelé flux multicritère net (Φ). Les meilleures actions sont celles qui ont la plus grande valeur positive de flux net.

La valeur du flux net varie entre -1 et $+1$. Les flux sortant et entrant sont utilisés pour effectuer le rangement partiel PROMETHEE I et mettent en évidence des incomparabilités ou indifférences éventuelles. Les flux nets permettent de déterminer le rangement complet PROMETHEE II.

b. Visualisation des résultats : plan GAIA

L'analyse GAIA est une méthode de visualisation géométrique interactive permettant de décrire et d'interpréter les données du tableau d'évaluation. Elle complète les résultats de l'approche prescriptive qu'est PROMETHEE (voir aussi notamment Mareschal et Brans 1988).

Le plan GAIA est issu de la technique de l'analyse en composantes principales dont les principes de bases sont indiqués par Brans et Mareschal (2002, p. 91). Elle donne une représentation géométrique des données du tableau des évaluations basée sur les flux nets uni-critère Φ_j . Les flux nets uni-critère déterminent une matrice comparable au tableau d'évaluation initial, mais plus riche en informations car elle donne les degrés de préférence attribués aux écarts observés entre les évaluations des actions pour chacun des critères. Le but du plan GAIA est de visualiser l'information contenue dans cette matrice. Pour ce faire, chaque action a_i est représentée par un point α_i dans un espace réel à k dimensions dont les axes sont représentatifs des critères :

$$\alpha_i : (\phi_1(a_i), \phi_2(a_i), \dots, \phi_j(a_i), \dots, \phi_k(a_i)) ; i=1, 2, \dots, n$$

On obtient alors un nuage de n points dans R^k centré à l'origine. Étant donné la difficulté de visualiser ce nuage de points dans R^k , on obtient le plan GAIA en faisant une projection orthogonale sur un plan (u,v) passant par l'origine de manière à perdre le moins d'information possible. Le paramètre δ (delta) permet de mesurer la quantité d'information préservée après la projection du nuage de points. Dans le plan GAIA, les coordonnées de la projection d'un vecteur quelconque sont définies par $x'u$ et $x'v$. Les critères y sont représentés par la projection c_j ($j=1,2,\dots,k$) des vecteurs unités e_j ($j=1,2,\dots,k$). Quant à l'axe de décision, il est représenté par la projection du vecteur $w : (w_1, w_2, \dots, w_j, \dots, w_k)$ des poids déterminant l'importance relative des critères. Il peut également être projeté sur le plan GAIA et donne la position de l'axe de décision PROMETHEE (axe π) qui indique dans quelle direction se trouvent les meilleures actions du classement PROMETHEE II. Lorsqu'on modifie le poids, seule la position de cet axe change. Cela permet de mettre en évidence l'impact des poids lors des analyses de sensibilité. Nous reviendrons plus sur certains détails lors de l'implémentation dans le logiciel D-Sight de traitement au chapitre VI.

La qualité de l'information est directement proportionnelle à la longueur des axes des critères et de l'axe π . Par ailleurs, plus les axes des critères sont longs, plus les critères sont discriminant et donc influencent la décision. De même, plus l'axe π est long, plus le pouvoir de décision, est élevé. Dans ce cas, les meilleures actions sont celles qui se situent loin de l'origine du plan tandis que celles qui se situent à côté sont des actions de compromis en présence de critères fortement conflictuels. A contrario, lorsque le pouvoir de décision de l'axe π est faible, il faut chercher une solution de compromis au voisinage de l'origine du plan.

La position des axes c_j indique les fonctions de préférence. Les critères également préférés sont orientés dans la même direction ce qui indique que les critères conflictuels sont opposés, et ceux qui sont orthogonaux sont plutôt indépendants. Incidemment, la position des actions dans la direction des critères indique leur performance sur lesdits critères. Deux actions sont incomparables (ou difficilement comparables) si elles sont situées dans des directions opposées du plan GAIA, correspondant à deux groupes de critères en conflit. De même la position relative des axes de critères et de l'axe de décision permet d'apprécier les critères qui sont en accord avec la décision.

5.5.4.6 Mode opératoire des méthodes PROMETHEE et GAIA

De façon opérationnelle et détaillée, on peut distinguer plusieurs étapes selon les auteurs. Ces étapes visent à répondre aux questions posées aux quatre niveaux de la démarche multicritère (section 5.5.4.1). Aussi, plusieurs étapes sont communes à différentes méthodes de surclassement ou même aux autres méthodes d'agrégation et s'il y a lieu, les spécificités propres aux méthodes PROMETHEE et GAIA seront soulignées.

Roy et Bouyssou (1993); Martin et *al.* (1999) distinguent les 7 étapes suivantes: (i) la recherche active d'acteurs; (ii) la détermination des actions potentielles quant aux objectifs visés; (iii) l'élaboration de la liste de critères; (iv) l'évaluation des critères (information intracritère, choix des indicateurs, échelles de mesure, structures de préférence); (v) la formalisation des systèmes de valeurs (information intercritère, pondération des critères); (vi) l'agrégation des performances et la modélisation des systèmes de préférences globales, en tenant compte des convergences et des divergences exprimées par les acteurs dans le processus décisionnel, et en respectant les possibilités d'incomparabilité, d'indifférence et de préférence d'une action par rapport à une autre; (vii) la construction d'un groupe robuste de solutions (analyses de sensibilité et de robustesse). Ces étapes sont selon Waaub (2011) précédées d'une première étape qu'est la définition du problème qui est combinée à la recherche des acteurs. Cet auteur considère aussi l'évaluation des performances des actions comme une étape à part. Nous adoptons ce dernier processus puisqu'il permet de revenir sur la définition du problème qui fait l'objet de l'aide à la décision. Dans tous les cas, les acteurs doivent avoir la possibilité de préciser certains aspects du problème. La réalité sera faite de retours en arrière, de remises en questions, de rétroactions d'une étape sur l'autre, voir d'omissions corrigées par la suite (Shärlig, 1985). Ainsi, la séquence n'est pas nécessairement linéaire puisque plusieurs méthodes comme c'est le cas de PROMETHE et GAIA, permettent des retours en arrière. Le rôle du ou des analystes est important du point de vue de l'aide à la décision lors de ces rétroactions. Les analystes interagissent alors avec le décideur ou les parties prenantes (Waaub, 2011).

1) Définition du problème et identification des acteurs

La définition du problème indique souvent quel type de problématique (voir section 5.5.4.2) choisir. Dans tous les cas, cette première étape doit être l'occasion d'une réflexion sur le problème posé (Shärlig, 1985). C'est un processus réunissant le spécialiste en aide à la décision (homme d'étude) et le(s) décideur(s), voire le(s) commanditaire(s) (Forget et Oberti, 2002). Le processus doit permettre selon les mêmes auteurs de :

- exposer le problème rencontré, en raison de la situation actuelle (ou future) dans un domaine particulier, pour lequel ils désirent recevoir un éclairage scientifique (aide à la décision ou à l'évaluation). Les limites géographiques et les impératifs temporels d'étude seront également précisés;
- révéler l'objectif général, voire les objectifs particuliers, que se fixent les décideur(s) et commanditaire(s) dans la recherche d'une éventuelle réponse ou avancée face au problème;
- procéder à une identification préliminaire des «acteurs concernés» par le problème soulevé, afin d'en dresser une liste qui soit la plus exhaustive possible.

Il est important de noter que certains éléments de la problématique, y compris les objectifs peuvent être reprécisés ultérieurement après l'identification des acteurs. En effet, par un effet de circularité, l'identification des acteurs d'une décision sert à son tour à préciser le problème (Martel et Rousseau 1993). De plus *«les controverses environnementales sont polycentrées, c'est-à-dire multiples et complexes. Chaque partie construit en interaction avec les autres un univers de pertinence, c'est-à-dire: l'ensemble de ce qui est en cause dans une controverse en cours, un univers composé d'une variété d'entités, personnes, institutions, organismes vivants, objets, processus, énoncés de politiques, valeurs, etc.»* (Limoges et al. 1993, p.105). On distingue ainsi plusieurs acteurs en fonction du rôle joué au cours du processus. À ce niveau, on entend par acteur ou parties prenantes *«un individu ou un groupe d'individus est un acteur d'un processus de décision si, par son système de valeurs²², que ce soit au premier degré du fait des intentions de cet individu ou groupe d'individus ou au second degré par la*

²²Par ce terme, Roy (1985) désigne «un système qui sous-tend en profondeur et de façon plus implicite qu'explicite les jugements de valeurs d'un individu ou d'un groupe, qu'ils soient relatifs (meilleur, pire...) ou absolus (bon, mauvais...)».

manière dont il fait intervenir ceux d'autres individus, il influence directement ou indirectement la décision. De plus, pour qu'un groupe d'individus (corps constitué ou collectivité) soit identifié comme un seul et même acteur, il faut que, relativement au processus, les systèmes de valeurs, systèmes informationnels et réseaux relationnels des divers membres du groupe n'aient pas à être différenciés» (Roy, 1985, p. 42).

Selon Maystre et *al.* (1994), la notion d'acteur n'est donc pas une notion neutre et absolue. L'acteur est un élément dans un modèle (donc une représentation) de l'observateur (par exemple de l'homme d'étude). Ces auteurs adoptent la typologie d'acteurs proposée par Jacquet-Lagrèze (1981). Ainsi, selon eux, un processus d'AMCD met en présence les acteurs suivants:

- décideur: c'est l'acteur central du processus, puisque c'est à lui que s'adresse l'aide à la décision. Il désigne l'entité qui exprime les préférences, éventuellement les fait prévaloir dans l'évolution du processus. Mais comme nous le verrons par la suite, le décideur n'est pas forcément bien identifié, ou à tout le moins n'est pas une entité unique;
- intervenants: il s'agit des personnes qui cherchent à influencer le décideur dans l'une des phases du processus décisionnel, en raison de la nature de ses valeurs et donc en fonction de son système de préférences. Nous adopterons une typologie d'intervenants dans la suite de notre étude en tenant compte des réalités de notre milieu d'étude ;
- agis: personnes dont la décision a des conséquences sur elles, mais n'interviennent qu'indirectement dans le processus par l'image que d'autres se font de leurs valeurs ;
- acteurs fantômes ou latents: comme les précédents, ils interviennent indirectement mais à la différence des agis, ils ne sont pas concernés par les conséquences de la décision. C'est le cas par exemple d'une personnalité politique de premier plan.

Les auteurs à la base de cette catégorisation distinguent en outre des acteurs agissant comme intermédiaires. Il s'agit entre autre du *demandeur* (demande l'étude et alloue les moyens), de *l'homme d'étude* encore appelé analyste (qui conduit le processus en s'appuyant sur des modèles plus ou moins formalisés), du *conseiller* (d'un décideur ou d'un intervenant), du négociateur (mandaté par le décideur en vue de faire valoir la position de celui-ci dans une négociation et de rechercher une action de compromis), du médiateur (intervient en vue d'aider les décideurs ou simplement le négociateur à rechercher une action compromise); *arbitre* encore appelé *juge* (intervient à la place des acteurs dans la recherche d'une action de compromis) et enfin des informateurs comme les journalistes ou simplement des chercheurs

universitaires. Nous pouvons relever alors l'importance de bien identifier tous les acteurs participants à un processus d'aide à la décision.

2) *Détermination de la liste des actions potentielles*

On parle souvent de solutions possibles comme si le problème était totalement posé, alors qu'il faut justement se démarquer de la contrainte de stabilité qu'impose l'optimisation (Shärlig, 1985). Dans certains cas, y compris dans le langage du logiciel D-Sight qui sera utilisé dans cette étude, c'est plutôt le terme d'alternatives qui est utilisé comme si les actions envisageables s'excluent mutuellement (ibid.). Aussi, les termes action ou option potentielle seront ici préférés.

D'après Roy (1985), une action 'a' est la représentation d'une éventuelle contribution à la décision globale, susceptible, eu égard à l'état d'avancement du processus de décision, d'être envisagée de façon *autonome* et de servir de point d'application à l'aide à la décision (ce point pouvant suffire à caractériser 'a'). Le terme "autonome" signifie que l'action peut être considérée isolément de toute autre sans pour autant perdre sa portée décisionnelle ou sa valeur de point d'application d'aide à la décision (Ben Mena, 2000).

L'adjectif "potentielle" a son importance. Une action potentielle est une action réelle ou fictive provisoirement jugée réaliste par un acteur au moins ou présumée comme telle par l'homme d'étude en vue de l'aide à la décision (Roy, 1985; Maystre et al. 1994). L'ensemble des actions potentielles sur lequel l'aide à la décision prend appui au cours d'une phase d'étude est noté "A" (Roy, 1985). 'A' devra être aussi complet que possible, ce qui n'est pas toujours évident (Ben Mena, 2000).

3) *Élaboration et évaluation des critères (étapes iv et v)*

Un critère est un: « caractère, signe qui permet de distinguer une chose, une notion; de porter sur un objet un jugement d'appréciation » (Petit Robert, 1993). Le critère a donc un caractère attributaire et permet en même temps de supporter les préférences des individus et de justifier les choix afférents (Damart, 2003). Cela recoupe presque parfaitement la définition qu'en donne Roy (2000, cité par Damart, 2003): « outil construit pour évaluer et comparer des actions potentielles selon un point de vue bien défini ». De ce fait, le critère exprime avant

tout de jugement et des points de vue donc non nécessairement objectifs bien qu'il peut désigner des réalités objectives (chapitre VII). La construction des critères constitue une étape fondamentale. Rien ne sert de mettre en œuvre des techniques d'agréations multicritères si la façon dont ont été construits les critères se révèle peu probante (André et Oberti, 2002)

La détermination des critères peut se faire de plusieurs façons. Une première approche, plutôt descendante (ou démarche *top down*), consiste à partir d'un point de vue unique ou un objectif général ensuite décliner en sous points de vue ou sous-critères jusqu'à atteindre une famille de critères représentatifs de tous les points de vue (Damart, 2003). Selon cet auteur, cette approche hiérarchique est souvent associée aux travaux anglo-saxons conduits par Keeney et Raiffa (1976) ou Belton et Vickers (1990). La seconde approche suit une démarche ascendante (ou démarche *bottom up*). Il s'agit de déterminer en collaboration avec le décideur, les conséquences de la mise en œuvre de chacune des actions (Maystre, 1994; Ben Mena, 2000), c'est-à-dire de tout effet ou attribut de l'action susceptible d'interférer avec les objectifs ou avec le système de valeurs d'un acteur du processus de décision, en tant qu'élément primaire à partir duquel il élabore, justifie ou transforme ses préférences (Roy 1985). Le plus souvent, dans une modélisation pour l'aide à la décision, une action est appréhendée par les conséquences de son éventuelle mise en exécution. Dans de nombreux problèmes de décision, ces conséquences sont multiples et variées dans leurs natures (Mousseau, 2003). C'est cette démarche que nous allons privilégier dans cette thèse pour des raisons qui seront précisées au chapitre VI portant sur la démarche méthodologique.

Puisque la mise en œuvre d'une action donnée aura plusieurs conséquences, il convient alors de parler selon Ben Mena (2000) de l'ensemble des conséquences ou, mieux, du nuage de conséquences. Cela revient en quelque sorte à déterminer les critères en fonction des enjeux et il s'agit alors d'une structuration des enjeux en critères par l'homme d'étude.

La conséquence d'une action selon un critère donné est évaluée par une fonction g (à valeurs réelles) définies sur l'ensemble A des actions potentielles de telle sorte qu'il soit possible de raisonner ou de décrire le résultat de la comparaison de deux actions a et b relativement à partir des nombres $g(a)$ et $g(b)$. L'évaluation de l'action sera donc effectuée sur un ensemble de critères. On distingue le *vrai-critère* et le *pseudo-critère*.

Pour le vrai critère, en considérant deux actions a et b à comparer, deux situations sont possibles:

$$g(b) = g(a) \Leftrightarrow b \text{ Ig } a \text{ (indifférence)}$$

et

$$g(b) > g(a) \Leftrightarrow b \text{ Pg } a \text{ (préférence stricte)}$$

C'est une vision peu réaliste car une simple différence $g(b) - g(a)$ n'est pas significative d'une préférence stricte.

Pour le pseudo-critère on associe à la fonction critère g deux fonctions seuils $qg(g(a))$ exprimant un *seuil d'indifférence* et $pg(g(a))$ exprimant un *seuil de préférence* (cf. tableaux 5.8 et 5.9):

$$g(b) \geq g(a) \Leftrightarrow b \text{ Sb } a$$

Sb : « aussi bon que » ou, S est une relation de surclassement, c'est à dire que b est au moins aussi bon que a sur une majorité de critères sans être vraiment plus mauvais relativement sur les autres critères. On dira dans ce cas que b surclasse a , on notera $b \text{ Sb } a$. On introduit des seuils (constants ou fonction de g) tels que :

$$g(b) - g(a) \leq qg(g(a)) \Leftrightarrow b \text{ Ig } a$$

$$pg(g(a)) < g(b) - g(a) \Leftrightarrow b \text{ Pg } a$$

Où un seuil dit d'indifférence est qg et pg celui dit de préférence.

L'ensemble de tous les critères élaborés est nommé famille "F". Celle-ci devra être cohérente, c'est-à-dire qu'elle respectera les exigences suivantes (Shärlig, 1985; Roy, 1985; Maystre et al. 1994, Maystre et Bollinger, 1999):

- l'exhaustivité: ne pas oublier de critères pertinents, c'est-à-dire s'assurer que tous les éléments d'appréciation ont été pris en compte à travers la famille des critères retenus; par conséquent, si cela est respecté, et que deux actions ont les mêmes vecteurs de performance (mêmes conséquences pour tous les critères) alors il faut être sûr que les acteurs soient bien indifférents entre les deux actions;
- la cohérence: être cohérent entre les préférences locales de chaque critère et les préférences globales; c'est-à-dire s'assurer que si une action a une performance égale à celle d'une autre action sur tous les critères sauf un sur lequel elle est plus performante, elle est donc globalement plus performante que l'autre action. Autrement dit, quand deux actions sont jugées équivalentes, si l'on accroît la performance de la première sur un critère quelconque, alors elle apparaît «comme au moins aussi bonne» que la seconde action inchangée;

- la non-redondance : il ne faut pas avoir des critères qui se dupliquent c'est-à-dire ne pas avoir plus de critères que nécessaire.

Mais d'autres auteurs, comme Keeney et Raïfa (1976, cités par Shärlig, 1985) estiment que la famille des critères doit aussi être opérationnelle, c'est-à-dire utilisable pratiquement, décomposable et enfin minimale, c'est-à-dire réduite au plus petit nombre possible.

Tableau 5.9 Indifférence, préférences faible et stricte, incomparabilité

Situation	Définition	Relation binaire (propriétés)
Indifférence	Elle correspond à l'existence de raisons claires et positives qui justifient une équivalence entre les deux actions.	I : relation symétrique et réflexive
Préférence stricte	Elle correspond à l'existence de raisons claires et positives justifiant une préférence significative en faveur de l'une (identifiée) des deux actions.	P : relation asymétrique (irréflexive)
Préférence faible	Elle correspond à l'existence de raisons claires et positives qui infirment une préférence stricte en faveur de l'une (identifiée) des deux actions mais ces raisons sont insuffisantes pour en déduire soit une préférence stricte en faveur de l'autre soit une indifférence entre ces deux actions (ces raisons ne permettent donc pas d'isoler l'une des deux situations précédentes comme étant la seule appropriée).	Q (comme quasi) relation asymétrique (irréflexive)
Incomparabilité	Elle correspond à l'absence de raisons claires et positives justifiant l'une des trois situations précédentes	R (comme refus de se prononcer) relation symétrique (irréflexive)

Source adapté de Roy (1985) et Ben Mena (2000).

Par ailleurs, un critère doit avoir un certain nombre de qualités (Maystre et Bollinger, 1999).

Ainsi, un critère est associé à un indicateur de mesure et se définit par :

- un nom qui sert à l'identifier;
- une définition pour donner une compréhension commune par tous les acteurs notamment lorsque le nom du critère est peu explicite, pour des raisons pratiques;
- une unité et une échelle : l'unité et l'échelle dépendent de l'information disponible sur le critère considéré, selon qu'elle est :
 - cardinale: l'information est reliée à une unité "naturelle" (p. ex. kg, m²) et peut être manipulée de manière correcte au moyen des quatre opérations de

- base (addition, soustraction, multiplication et division). En général, l'échelle dispose d'une valeur zéro et est ouverte (pas de maximum).
- ordinales : l'information est fournie sous forme d'une note, en général obtenue à partir d'une expression verbale, par exemple l'avis d'un expert. L'échelle est bornée aux deux extrémités – par un minimum et un maximum – et son étendue est fixée arbitrairement (p. ex. - 5 / + 5, 0 / 10, 0 / 100);
- un sens de la préférence: Il convient de préciser si le critère doit être minimisé (une bonne performance correspond à une valeur basse) ou à maximiser (une bonne performance correspond à une valeur élevée).

4) *Formalisation des systèmes de valeurs des acteurs*

De nombreuses méthodes d'analyse demanderont d'affecter des poids par les acteurs. C'est le cas des méthodes PROMETHEE et GAIA et en général des méthodes d'agrégation partielle. Mais, ces poids sont en fait des taux de substitution dans les méthodes d'agrégation totale et c'est pourquoi Shärlig (1996) conseille d'utiliser le terme générique, taux de substitution, utilisé par Roy (1985) et Roy et Bouyssou (1993).

Les poids expriment l'échelle de valeurs de celui qui endossera la décision (Shärlig, 1996) et traduisent l'importance du critère pour l'acteur qui propose la pondération (Shärlig, 1985). Il existe diverses approches de pondération de critères et souvent les insuffisances des techniques de pondération, constituent un des maillons faibles des méthodes d'aide à la décision (Simos, 1990). Dans cette étude, c'est la distribution des poids (*metfessel allocation*) qui a été utilisée. En gros, la technique consiste en la distribution de 100 points selon l'importance que l'intervenant accorde aux critères. Pour plus de détails, voir Simos (1990, p. 95-97).

5) *Évaluer les performances*

L'évaluation consiste à «juger» chaque action, donc à déterminer ses conséquences sur tous les critères. C'est pour cela que le tableau qu'on obtient est appelé souvent matrice de jugement. En évaluation environnementale, on doit ainsi déterminer les impacts ou effets potentiels (y compris les impacts indirects) des actions à partir des critères et indicateurs de mesure. Cette démarche dépend donc de la nature et de la structure des critères. Il peut y avoir ainsi autant de méthodes d'évaluation sectorielles que de critères au cours d'un processus. Nous exposerons les méthodes que nous avons utilisées pour évaluer chacun des

critères au niveau du chapitre VIII. Les résultats sont consignés dans un tableau à double entrée: en lignes, des actions de A, et en colonnes, des critères de F. Les valeurs qui remplissent ce tableau ne sont rien d'autre que les $g_j(a_i)$ (lire: évaluation de l'action a_i selon le critère j) (voir figure 6.6 au chapitre VI). Ces nombres peuvent être des rangs (dans le cas d'un critère ordinal), donc dépourvus de toute signification cardinale, d'où l'appellation de performance. La matrice qu'on obtient à l'issue du processus est dite matrice des performances ou simplement tableau des performances ou encore tableau des évaluations.

6) *Agréger les performances*

L'information recueillie à l'étape précédente doit être agrégée sur la base d'un modèle. Il s'agit ici d'établir un modèle des préférences globales, c'est-à-dire une représentation formalisée de telles préférences relativement à un ensemble "A" d'actions potentielles, que l'homme d'étude juge appropriée au problème d'aide à la décision. Les étapes précédentes sont communes à toutes les méthodes et ne présentent que de faibles variations. Cette phase est donc celle qui permet de faire une différence entre les méthodes d'aide multicritère (voir section 5.5.4.3). L'approche PROMETHEE-GAIA est une approche de surclassement, dite d'agrégation partielle.

7) *Construction d'un groupe robuste de solutions*

Il s'agit de conduire des analyses de sensibilité et de robustesse sur les résultats de l'analyse. Nous reviendrons sur ces aspects à la section 6.3.4 sur le mode opératoire du logiciel d'implémentation de l'approche PROMETHEE-GAIA.

CHAPITRE VI

MÉTHODOLOGIE GÉNÉRALE DE L'ÉTUDE

Ce chapitre décrit la démarche méthodologique générale de l'étude en abordant la justification du choix des outils utilisés ainsi que ses étapes de réalisation. Ainsi, les étapes suivies sont celles d'un processus d'évaluation environnementale stratégique basée sur une approche d'aide multicritère et multi acteurs à la décision. C'est un processus participatif et itératif qui a pour finalité la prise en compte de la biodiversité dans les aménagements post barrage en Afrique de l'Ouest. Le chapitre décrit les fondements de l'approche méthodologique, la démarche de collecte et de traitement des données (à partir du logiciel D-Sight basé sur les approches PROMETHEE et GAIA) ainsi que la restitution de résultats à travers un schéma synoptique en trois phases (préparation, modélisation puis simulation et validation).

6.1 Fondements de l'approche méthodologique adoptée

La démarche générale de cette recherche consiste à appliquer les concepts et les principes de l'aide multicritère à la décision (AMCD) dans un contexte multi acteurs à l'évaluation environnementale stratégique en zone de barrage. Elle a pour finalité une meilleure gestion de la biodiversité dans la perspective d'un développement plus respectueux de l'environnement. La démarche permettra un processus rigoureux de détermination des critères d'évaluation. Le choix des critères environnementaux à retenir est à la base de toute prise de décision et une façon de les choisir consiste à examiner les éléments valorisés de l'environnement et les enjeux du projet (André et *al*, 2003). De plus, nous considérons, à l'instar de Michon (2003) que la prise en compte des savoirs locaux est indispensable à la conservation de la biodiversité. La diversité biologique dépendrait donc de la diversité culturelle. Ainsi, les parties prenantes sont parmi les facteurs qui influencent l'efficacité des mesures encourageant la préservation et l'utilisation durable de cette biodiversité (OCDE, 1999). Dans cette optique, la science peut contribuer à veiller à ce que les décisions sociales soient prises sur la base des meilleures informations disponibles, mais, au bout du compte, le choix et les décisions concernant les niveaux de diversité biologique appartiennent à la société (MEA, 2005). La question de la conservation de la nature est donc devenue une question de société, une préoccupation majeure, tout comme celles de la pauvreté ou du développement (Levrel 2006). De l'avis de cet auteur, pour que cette question de société ne reste pas entre les mains

des experts, il est possible d'avoir recours à de nouvelles méthodes et de nouveaux outils ayant pour objectifs de désenclaver les savoirs, d'explorer les mondes possibles et d'ouvrir les débats publics à propos de questions *a priori* techniques. C'est en cela que l'aide multicritère à la décision permet d'intégrer les connaissances des parties prenantes afin de prendre une décision collective mieux éclairée et proposer une façon de faire, c'est-à-dire un processus permettant d'intégrer les acteurs et leurs systèmes de valeur. Elle constitue un processus de gestion et de planification concertées qui permet une ouverture à tous les acteurs impliqués (Côté et Waaub, 2008).

Le processus de conservation de la biodiversité pose la pertinence de la variable cible pour la conservation: faut-il cibler les espèces ou les écosystèmes? (voir chapitre VI section 4.1). En fait, les espèces et les écosystèmes sont interdépendants et indissociables dans une certaine mesure puisque les traits des espèces et leur évolution dépendent des processus et propriétés écosystémiques qui elles même dépendent de l'évolution et l'interaction entre les espèces (Loreau et al 2004). C'est ainsi que la dégradation écosystémique explique dans une large proportion la perte de biodiversité (voir chapitre IV, section 4.4). C'est pourquoi, certains auteurs comme Barbault (1997) considèrent la protection des habitats comme le principal moyen pour la protection de la biodiversité. Aussi, l'approche par écosystème sera privilégiée dans cette étude (voir chapitre VII) avec la présupposition théorique que si l'écosystème est conservé, toutes les espèces le seront également. Mais, comme les espèces témoignent de la qualité d'un écosystème, il faut donc s'attarder sur les impacts tant sur les habitats que sur les espèces. Il s'agit d'analyser si l'approche permet d'optimiser la prise de décision pour la conservation de la biodiversité. Nous optons pour une gestion intégrée du bassin qui correspond à la prise en compte, par des décideurs informés, de l'ensemble des usages et ressources du bassin, dans une approche écosystémique (Burton, 2001). Celle-ci reconnaît le rôle de la culture, des valeurs et des systèmes socio-économiques dans le processus de gestion de l'environnement et des ressources; de même, elle offre un mécanisme permettant d'intégrer les sciences et la gestion (*Ibd.*). De plus, l'échelle écosystémique représente une entité géographique relativement homogène (...) à partir de laquelle il est relativement aisé de décrire les dynamiques naturelles et sociales, les différentes représentations des ressources, les usages et leurs effets ou les relations sociales qui s'y rapportent. Ces différents éléments peuvent faciliter les processus participatifs, la mobilisation des connaissances et des

expériences locales. C'est pourquoi, l'approche écosystémique est celle retenue par le *Millenium Ecosystem Assessment*, la Convention sur la Diversité Biologique et le programme *Man And Biosphere* de l'UNESCO (Levrel, 2006). Finalement, l'approche par écosystème permet la planification des actions pour une prise en compte adéquate des impacts cumulatifs (EAAC, 1989), aspect justificatif de l'intérêt accordé aux ÉES

6.2 Démarche méthodologique

La recherche s'est déroulée suivant trois principales phases :

- une phase de revue documentaire ou phase préparatoire comprenant l'acquisition de connaissances sur l'aide multicritère à la décision et sur l'environnement de la zone d'étude. Cette phase permet une identification préliminaires des enjeux et préoccupations liés aux aménagements hydroélectriques et plus généralement aux aménagements à usages multiples et ceci en liens avec la biodiversité aquatique;
- une phase de terrain qui a contribué à la modélisation des connaissances suivant une démarche participative et itérative dans un contexte multi acteurs. Il s'agissait d'une part de valider les enjeux identifiés à l'étape précédente et de déterminer des options de mise en valeur ainsi que des critères et indicateurs d'évaluation et d'autre part de construire le tableau de performance à partir d'une grille d'analyse des enjeux de la BD;
- une phase de laboratoire pour tester le modèle par simulation à partir du logiciel D-Sight, basé sur les approches PROMETHEE et GAIA. Il s'est agi d'appliquer le modèle sur l'étude de cas, celui du Programme «Kandadji» et de déterminer les enjeux de la conservation de la biodiversité dans une zone de barrage en Afrique de l'Ouest. Cela a permis de :
 - évaluer les impacts potentiels sur la biodiversité de plusieurs options potentielles;
 - faire une évaluation comparative et un rangement des différentes options en fonction de leurs performances;
 - déterminer une série de recommandations pour un aménagement préservant et valorisant au mieux la biodiversité à l'issue d'un processus d'analyses de sensibilité et de robustesse des solutions obtenues.

Cette recherche respecte les principes de la recherche participative (traduit de Hall, 1984 par Arsenault, 2010) car:

- elle implique la communauté tout au long du processus : dès l'identification des enjeux, en passant par la discussion des méthodes de collecte d'information, jusqu'à l'analyse et l'utilisation des résultats dans un contexte d'action;

- la recherche se traduit par des bénéfices directs pour la communauté;
- c'est un processus de création de connaissances systématiques à l'intérieur duquel peuvent être impliqués des gens qui ont été formés en recherche ou non;
- la connaissance est approfondie, enrichie et rendue socialement utile quand elle est produite collectivement;
- elle fait appel à une combinaison de méthodes facilitant la production de connaissances de façon coopérative ou collective;
- la recherche, l'apprentissage et la production de connaissances font partie du même processus intellectuel dans un contexte d'action.

Les activités réalisées sont:

- l'identification et la catégorisation des acteurs du processus décisionnel de gestion des ressources naturelles en particulier de conservation de la biodiversité de la vallée du fleuve Niger au Niger;
- l'identification des préoccupations et enjeux majeurs soulevés par les aménagements liés aux ouvrages hydroélectriques en particulier en Afrique de l'Ouest;
- l'élaboration en étroite collaboration avec les acteurs des options de mise en valeur des ressources de la zone du barrage. Cette étape a permis de prendre en compte les objectifs propres à chaque groupe d'acteurs;
- la structuration des préoccupations et enjeux pour déterminer des critères environnementaux, socioéconomiques et techniques auxquels ont été associés des indicateurs mesurables;
- l'évaluation des impacts de chaque option sur les milieux biophysique et humain;
- l'intégration des valeurs des acteurs par la pondération des critères d'évaluation;
- la comparaison des différentes options en fonction de leurs performances, grâce à l'utilisation du logiciel D-Sight basé sur les méthodes PROMETHEE ET GAIA;
- l'élaboration des recommandations après des analyses de sensibilité et de robustesse des solutions obtenues.

Les recommandations prennent en compte l'ensemble du processus y compris l'étape très théorique de revue de littérature.

Bien que les activités sont présentées successivement, leurs réalisations ne sont pas forcément séquentielles et linéaires. C'est donc un processus participatif qui suit une démarche itérative²³ avec plusieurs retours sur les étapes précédentes en vue de préciser ou de redéfinir leurs contenus.

²³ Il existe deux types de démarche : démarche linéaire et démarche itérative. La démarche linéaire est conforme à l'épistémologie positiviste (doctrine qui se réclame de la seule connaissance des faits, de l'expérience scientifique) et correspond à la rationalité de type fonctionnel (logique professionnelle), caractéristique des années '60. La démarche itérative est conforme à l'épistémologie empiriste et

Les sous point 6.2.1 à 6.2.3 donnent les détails de la démarche méthodologique tandis que les figures 6.1 à 6.3 en donnent la synoptique.

6.2.1 Objectif 1/phase 1: revue documentaire et préparation de la collecte de données

Il s'agit essentiellement d'une étape dédiée à une revue de la littérature. Cette phase a permis de mieux circonscrire les enjeux liés à la biodiversité ainsi que de déterminer les processus de sa gestion. Nous nous sommes intéressés aux différents aménagements réalisés sur différents continents en nous focalisant sur les cas de l'Afrique de l'Ouest (voir chapitre I et aussi annexe 3 sur le bilan de la prise en compte de la biodiversité dans les aménagements des bassins ouest-africains). Les préoccupations et enjeux identifiés à cette phase ont été bonifiés lors des rencontres avec les acteurs et ont servi lors la définition des critères. Conformément à l'approche adoptée au chapitre IV, section 4.1, nous nous sommes intéressés autant aux espèces qu'aux écosystèmes. Suivant la disponibilité des données il a été possible de travailler sur les composantes fauniques localement importantes (poissons) ou qui utilisent des habitats qui connaissent un total changement ou des modifications significatives comme les hippopotames (*Hippopotamus amphibius*) et les lamantins d'Afrique (*Trichechus senegalensis*).

Pour stimuler les discussions avec les acteurs, quelques options d'aménagement ont été préalablement déterminées sur la base des mesures d'atténuation et/ou de bonification prévues dans le rapport d'étude d'impact environnementale et sociale du Programme «Kandadji». Les options provisoires suivantes ont été identifiées:

- option 1 : aménagement de 31 000 hectares pour les cultures irriguées d'ici 2034 en raison de 1 000 ha par an mais 6 000 ha avant la construction du barrage (option du

correspond à une rationalité de substance (logique sociale), qui a commencé à s'imposer dans les années '80. Elle seule permet d'internaliser les différents impacts dans la conception du projet, en rétroagissant sur celle-ci. Son adoption exige une approche interdisciplinaire et le décroisement entre services administratifs.

De plus, il ne faut pas confondre processus et démarche. En effet, toutes les combinaisons sont permises : il est possible d'avoir un processus participatif et une démarche linéaire, un processus réactif et une démarche itérative, etc. (voir Simos, 1990, pp. 21-22).

promoteur), création d'aires protégées, d'îles pour la faune²⁴ et lutte chimique contre la jacinthe;

- option 2 : aménagement de 15 500 ha pour les cultures irriguées d'ici 2034 en raison de 500 ha par an et 3 000 ha avant la construction, création d'aires protégées, d'îles pour la faune et lutte biologique contre la jacinthe;
- option 3 : pas d'aménagement pour les cultures irriguées mais création d'aires protégées, d'îles pour la faune et lutte intégrée (mécanique, chimique et biologique) contre la jacinthe d'eau.

De même, nous avons élaboré plusieurs outils de collecte de données. Il s'agit principalement de guides d'entretiens mais aussi de matrices de collecte de données d'observations directes sur le terrain. Ces grilles servent de support de discussion et sont constituées de questions ouvertes formulées dans un langage simple et accessible aux acteurs rencontrés (cf. annexes 5 et 6).

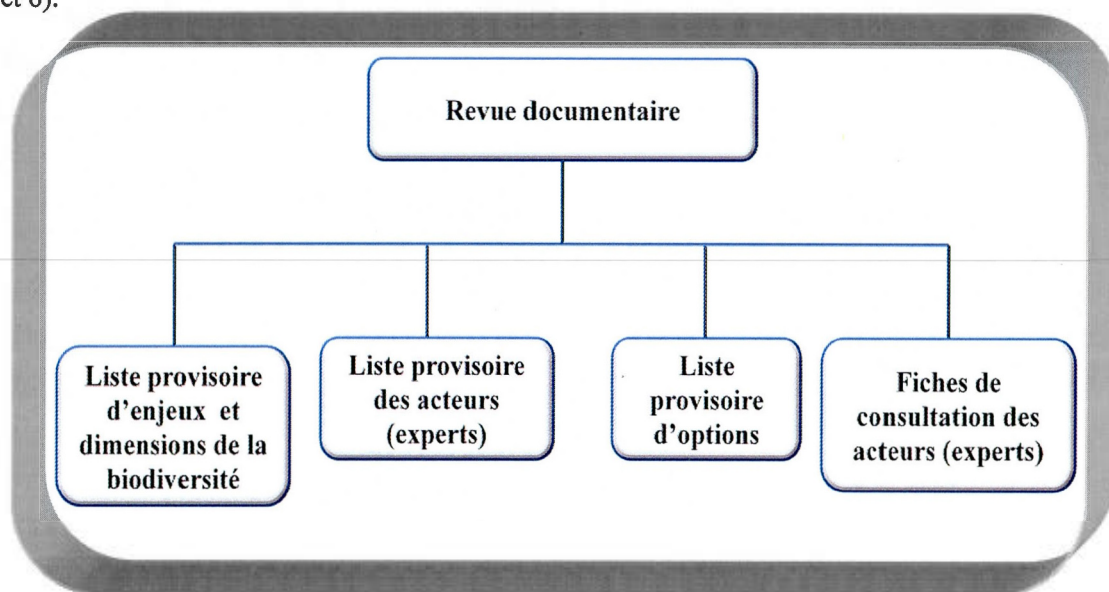


Figure 6.1 Revue documentaire et préparation de la collecte de données.

À l'issue de cette étape nous avons:

²⁴ Pour compenser la perte de 10 000 ha de zones d'importance pour les oiseaux (ZICO), la création des mares permanentes, l'ensemencement des bourgoutières sur les hauts fonds (...) permettraient aux hippopotames et aux lamantins de trouver une nourriture suffisante, surtout lorsque le réservoir sera plein. Une approche participative est prônée pour sa gestion.

- identifié et analysé les enjeux économiques, écologiques, socioculturels et transfrontaliers liés aux écosystèmes et espèces aquatiques des eaux continentales;
- établi une liste provisoire des critères de prise en compte des espèces et de leurs habitats dans une zone de barrage, à partir des enjeux et préoccupations habituellement reliés aux aménagements fluviaux;
- établi des contacts formels avec le haut-commissariat au barrage de Kandadji, structure qui pilote le Programme «Kandadji» qui nous a servi de cas. Ainsi, nous avons à l'avance envoyé notre protocole de recherche pour mieux préparer la phase terrain.

6.2.2 Objectif 1/phase 2: collecte des données, modèle AMCD et élaboration de la grille d'analyse

Dans un souci d'actualiser en continu les données, il y a eu des interactions avec quelques acteurs tout au long de la rédaction de la thèse. C'est une phase au cours de laquelle, nous avons tenu plusieurs rencontres individuelles et de groupe. L'organisation des rencontres a nécessité une période de temps plus importante que prévue. Il y a alors eu des ajustements continus tout au long du processus. Cette phase est subdivisée en trois (3) étapes:

6.2.2.1 *Étape 1 (revue documentaire complémentaire et rencontres préliminaires des acteurs-experts)*

Elle a débuté par une revue documentaire complémentaire à celle déjà réalisée à la phase 1 couplée à des observations sur le site d'étude. Elle vise à acquérir des données à jour sur le Niger en général et sur la problématique de la biodiversité en particulier. Nous avons ainsi consulté les bases de données du Programme «Kandadji», de l'Autorité du Bassin du Niger (ABN), des différents ministères nigériens impliqués dans la gestion de la biodiversité, de certains centres de recherche comme l'Institut de la Recherche Agronomique du Niger (INRAN), la Faculté d'Agronomie de l'Université de Niamey et ainsi que les projets (Programme de Lutte contre l'Enselement dans le Bassin du Niger (PLCE/BN) et les ONGs (Programme Eau Douce pour l'Afrique (WAPCO), etc.

À l'issue de cette étape, outre les données sur le Niger et sa biodiversité, nous avons pu établir une première liste d'acteurs impliqués dans la gestion de la biodiversité et qui sont pour la plupart membres du comité technique de mise en œuvre du Programme «Kandadji».

Ces acteurs ont ainsi une bonne compréhension de la problématique de la gestion de la biodiversité dans la zone de d'étude.

En se basant sur le fait que la dévolution de pouvoirs aux groupes particulièrement dépendants de la biodiversité ou affectées par sa dégradation, permet d'assurer sa conservation et son utilisation durable, nous avons travaillé avec deux (2) groupes d'acteurs. Le premier groupe est constitué des populations locales de la zone du barrage et est composé des représentants des catégories socio professionnelles suivantes : pêcheurs, chasseurs, agriculteurs, riziculteurs, éleveurs, guides touristiques, etc. Le second groupe est constitué des représentants des structures qui ont un rôle technique et/ou scientifique : ministère en charge de l'Environnement (Direction en charge de la Faune et des aires protégées, Direction du Suivi écologique, Bureau des Évaluations Environnementales et des Études d'impacts, etc.), ministère des Ressources en Eaux, ministère des Ressources Animales, ministère de l'Agriculture (Direction du Génie Rural), Université de Niamey (Département de Biologie, Département de Géographie, Département de Sociologie), Haut-Commissariat à l'Aménagement de la Vallée du Niger, ABN, ONGs et associations (UICN, WWF, ONG locales). Ce second groupe est ainsi composé des structures directement impliquées dans le dossier Kandadji et qui ont un rapport avec la gestion de la biodiversité.

6.2.2.2 Étape 2 (consultation et concertation des acteurs experts sur les préoccupations, enjeux et options provisoires)

Cette étape a été consacrée à la collecte complémentaire d'informations ainsi que le partage de celles-ci avec les acteurs. Il s'agit donc autant d'une phase de consultation que de concertation avec les acteurs. Nous avons d'abord testé les outils de collecte de données élaborés à la phase préparatoire avec le personnel en charge du volet environnement du Département Environnement et Gestion des Écosystèmes (DEGE) du Haut-Commissariat à l'Aménagement de la Vallée du Niger (HCAVN) et celui de la cellule Plan de Gestion Environnementale et Sociale (PGES) de l'Unité d'Exécution du Programme «Kandadji» mais aussi d'autres personnes ressources au niveau du Ministère en charge de l'Environnement. Sur la base des outils de collecte de données testés et validés, nous avons mené une série d'entretiens individuels mais aussi des séances de "focus group" et cela en fonction du type d'acteur. Cette étape concerne ainsi tous les acteurs, même sans être des parties prenantes au

programme Kandadji, qui ont de l'expertise dans le domaine de la biodiversité et/ou de l'aménagement des bassins fluviaux.

Ainsi, pour recueillir les avis des populations locales, nous avons utilisé la technique du "focus group". C'est une méthode : « [...] orale et groupale, qui s'apparente aux palabres africaines, à la différence près qu'elle ne cherche pas les consensus mais plutôt l'émergence de toutes les options. De plus « [...] en donnant la parole aux populations (à la base), celles-ci se conscientisent aux problématiques et ont tendance à vouloir organiser leur action dans une perspective de développement autogéré » (Simard, 1989, p. VII). C'est donc une méthode qui cadre parfaitement avec la démarche et le modèle théorique de l'aide multicritères à la décision (voir chapitre V, section 5.5). C'est une méthode simple et rapide à conduire même s'il y a un risque de perdre le contrôle sur les résultats du processus (Morgan, 1988). Des séances organisées au niveau de divers groupements villageois ont permis de recueillir par prise de notes les messages oraux disponibles dans ces groupes composés à majorité "d'analphabètes". Des rencontres ont été organisées au niveau des villages clés de la zone d'implantation du Programme (région de Tillabéri) avec des groupes composites formés des catégories socioprofessionnelles identifiées au cours de la première étape (voir chapitre VII, section 7.3.1). Le recrutement des participants a été fait selon la formule du réseau qui donne selon Simard (1989) de bons résultats en Afrique. Il s'agit de s'appuyer principalement sur les structures traditionnelles (chef de village, "maître des eaux", etc.) pour constituer le groupe. Nous avons d'abord sensibilisé les leaders des groupes cibles aux objectifs de la recherche, lesquels invitent les membres du groupe à participer à la recherche. Le fait de permettre aux parties prenantes d'aider à l'identification des autres participants fait partie des actions clés pour garantir un degré d'inclusion des procédures de participation de qualité (IIED, 2005).

Cette étape a permis aussi de faire des observations directes de terrain sur la localisation des espèces et écosystèmes clés de la zone d'implantation du barrage. L'observation et le "focus group" ont permis de recueillir et d'intégrer les savoirs, les avis, les valeurs des populations mais aussi de dresser un portrait actualisé des données biophysiques et socio-économiques.

Pour le second groupe d'acteurs à savoir les structures techniques, nous avons procédé par entretien individuel sur leurs lieux de travail après avoir essayé sans succès d'organiser un mini atelier.

Les acteurs de deux groupes étaient invités à se prononcer sur la pertinence du Programme «Kandadji» mais aussi à faire des propositions d'options d'aménagements en lien avec leurs préoccupations. Ils se sont aussi prononcés sur les enjeux, les critères et les indicateurs de mesures. Pour stimuler les échanges, nous avons soumis au moyen d'une fiche, des options identifiées à la phase 1 de l'étude de même que les enjeux et les critères provisoires issus de la revue de littérature.

Les données collectées ont été consignées dans une matrice de synthèse à cinq (5) colonnes (préoccupations, enjeux ainsi que leurs descriptions mais aussi les critères et leurs descriptions) (voir chapitre VII). Les résultats obtenus en complément des informations tirées de la revue documentaire ont permis d'affiner un peu plus le modèle d'analyse multicritère ébauché à l'étape précédente. La grille est ainsi formée des enjeux ainsi que des critères auxquels sont associés des indicateurs et des échelles de mesure liées à la nature de chaque paramètre mesuré (cf. tableau 8.3). Autant des indicateurs quantitatives que qualitatives avec des échelles cardinales et ordinales ont été retenus (cf. chapitres IV et VIII). Le choix du type d'échelle est fonction de la disponibilité et de la fiabilité des informations disponibles. Nous y reviendrons lors de la description des modalités de choix du type d'échelle au niveau des résultats.

6.2.2.3 *Étape 3 (consolidation de la grille d'analyse)*

Au cours de cette étape, plusieurs rencontres individuelles (cadres techniques) et de groupe (populations de la zone du barrage) ont été organisées selon les modalités définies à l'étape précédente. Cela a permis de valider la proposition de modèle (grille formée de critères, indicateurs et échelles de mesure) découlant de la revue de la littérature et de la consultation et concertation des parties prenantes. Les préoccupations soulevées portent, entre autre, sur la surexploitation, les modifications du régime hydrologique, la perte de zone de fraie des poissons, la migration des poissons et des autres espèces fauniques, la destruction des plantes

appâtées par les espèces fauniques, l'augmentation des facteurs de pollution des eaux du fleuve, etc.

Le processus a permis de consolider le modèle d'analyse multicritère utilisé à la phase 3 consacrée à la simulation. De même, une liste exhaustive des options d'aménagement prenant en compte les propositions faites à la première phase et intégrant les propositions des acteurs a été retenue aux fins de l'analyse.

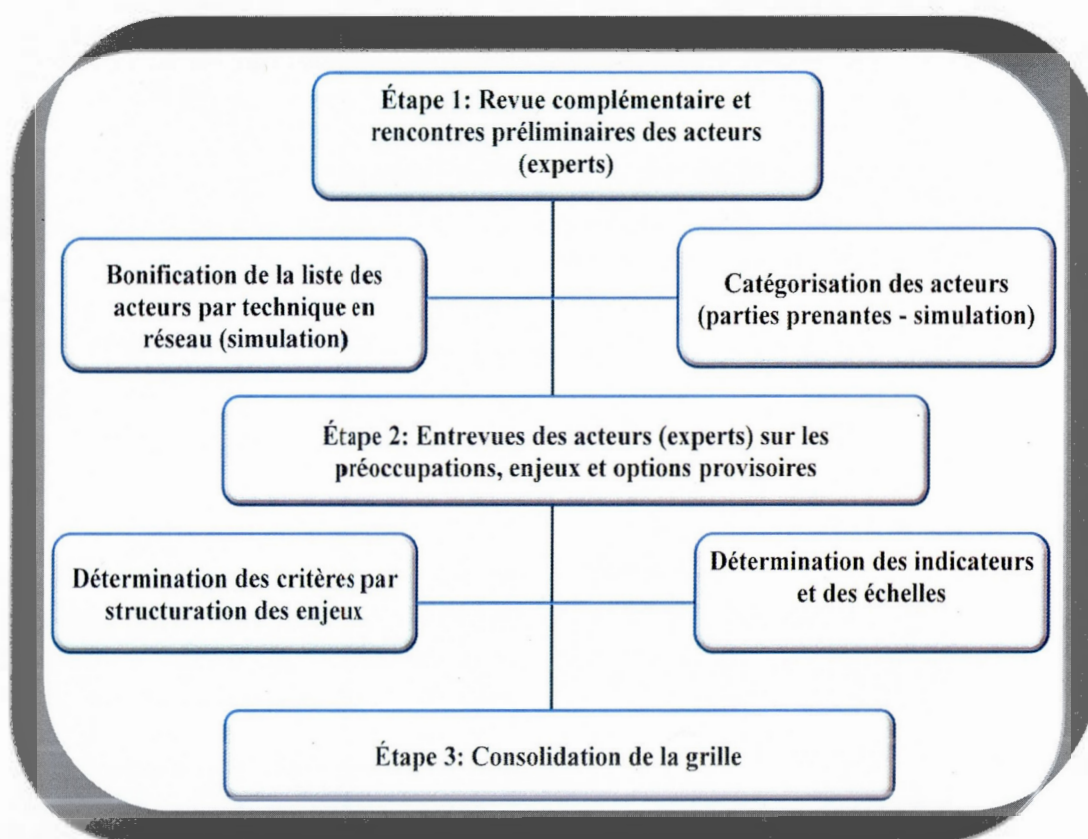


Figure 6.2 Processus d'élaboration de la grille d'analyse multicritère

6.2.3 Objectif 2/phase 3: test du modèle par simulation

Il s'agit de faire une simulation réaliste mais non réelle. Autrement dit, les acteurs sont vrais, de même que les enjeux et les critères mais pas les options d'aménagement. Elle ne débouche pas non plus sur des décisions à mettre en œuvre. Elle permet de représenter la multiplicité des parties prenantes, la diversité de leur comportement et les interactions entre celles-ci (Le

Bars, 2003) en plus de permettre une participation ainsi que l'implication dans les processus de conception et de prise de décision (Beguin, 1998). Le processus s'est déroulé comme dans un jeu de rôle avec comme avantage d'être moins liés à des conflits réels. Pour plus de détails sur le jeu de rôle, le lecteur peut se référer à Barreteau (1998).

6.2.3.1 Étape 1 (consultation et concertation des parties prenantes sur les préoccupations, enjeux et options provisoires)

Les consultations menées à ce niveau se sont déroulées suivant la démarche de l'étape 2 de la phase 2 mais elles ont impliqué uniquement les parties prenantes au programme Kandadji et qui ont accepté de participer au processus de simulation (voir section 7.3).

6.2.3.2 Étape 2 (intégration des valeurs de parties prenantes)

Cette étape a été consacrée à la pondération des critères par les acteurs ainsi qu'à la fixation des fonctions et des seuils de préférence. Cela a aussi permis de discuter de la valeur et de la place de la pondération dans l'approche PROMETHEE-GAIA qui est adoptée pour l'étude.

6.2.3.3 Étape 3 (détermination d'un modèle d'évaluation des impacts des options)

Cette étape a permis de déterminer un modèle d'évaluation des impacts des options adapté à la problématique de la biodiversité. Le modèle retenu (voir section 8.6) permet de tenir compte de la valeur des composantes touchées de même que leurs sensibilités aux effets anticipés des propositions d'aménagement.

6.2.3.4 Étape 4 (évaluation des options et traitement des données avec le logiciel d'analyse D-Sight)

Cet exercice a été réalisé avec le concours de certains acteurs (experts), en particulier ceux des directions techniques du Haut-commissariat au barrage de Kandadji (voir section 8.6). L'évaluation comparative des options s'est faite à partir du logiciel *D-Sight*, basé sur la méthode PROMETHEE-GAIA (voir chapitre V). Cette méthode est connue comme étant l'une des plus efficaces mais aussi la plus conviviale dans le traitement des problèmes multicritères (Brans et Mareschal, 2002). Elle permet d'intégrer les poids des différents

critères pour générer un classement des options selon leurs performances. À l'issue de la simulation et après des analyses de sensibilité et de robustesse, plusieurs enseignements ont été tirés et des recommandations ont été formulées pour la mise en œuvre du programme Kandadji et plus généralement pour la conservation de la biodiversité dans les bassins fluviaux (voir chapitre IX).

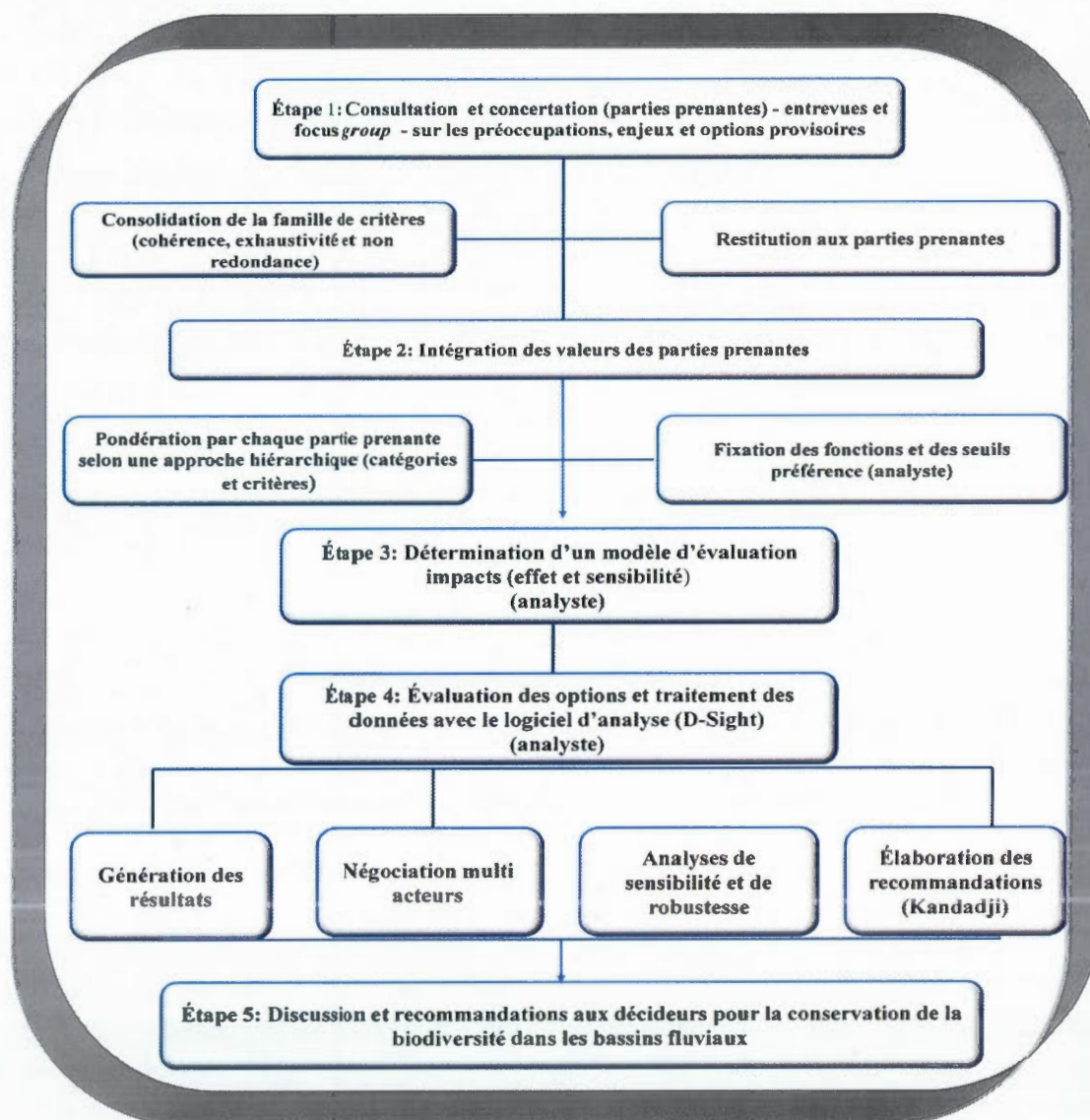


Figure 6.3 Processus du test du modèle par simulation

6.2.4 Mode opératoire de traitement des données par le logiciel D-Sight

Le traitement des données et la génération des résultats ont été réalisés en intégrant les données dans le logiciel D-Sight suivant les procédures explicitées à l'annexe 8. La première étape a consisté à intégrer les options ainsi que tous les paramètres du modèle (critères, indicateurs, échelles) de même que les acteurs et leurs jeux de poids. Plusieurs propriétés sont définies pour les options et les critères (noms, abréviations, groupes et/ou catégories).

6.2.4.1 Définition des indicateurs et échelles de mesure pour chaque critère.

Les méthodes PROMETHÉE et GAIA permettent de définir deux types d'échelle : soit une échelle quantitative (numérique) ou une échelle qualitative (définie par l'utilisateur).

6.2.4.2 Structuration du tableau des performances

Le tableau de performance contient plusieurs colonnes :

- critère : contient les critères d'évaluation;
- type : D-Sight permet de faire deux types d'évaluation : comparaison par paire (*Pair Wise*) et aussi l'utilité (utility). Dans notre cas, nous utiliserons la comparaison par paire d'action;
- min/max : en cliquant sur cette cellule, on peut maximiser ou minimiser un critère en fonction de sa nature;
- fonction : en cliquant sur cette cellule, on peut spécifier le type de fonction de préférence (cf. sous point 5 sur les fonctions de préférences);
- abs/rel : cette cellule permet de choisir entre des seuils exprimés sur l'échelle des évaluations (Absolu) et des seuils exprimés en pourcentage (relative);
- indifférences et préférences : ces deux cellules permettent de définir les seuils. Selon le type de fonction de préférence choisi, on doit définir un ou deux seuils au maximum. Ces valeurs permettent de mieux apprécier la façon dont on compare deux actions sur un critère donné.
 - le seuil d'indifférence Q (types II, IV et V) : c'est le plus grand écart que l'on peut considérer comme négligeable sur ce critère. Il s'agit donc d'une valeur relativement petite par rapport à l'échelle de mesure du critère;
 - le seuil de préférence P (type III, IV et V) : c'est le plus petit écart que l'on peut considérer comme décisif dans l'établissement de sa préférence pour une action plutôt que pour une autre. Il s'agit donc d'une valeur relativement grande par rapport à l'échelle de mesure du critère.

Le seuil d'indifférence "Q" doit toujours être inférieur au seuil de préférence "P". Mais, les deux sont des données propres aux échelles de critères et sont de nature objective (Maystre et Bollinger, 1999).

- poids: il s'agit du poids accordé au critère par un acteur donné et qui exprime selon Maystre et Bollinger (1999) l'opinion de l'acteur;
- unité: permet d'identifier l'unité de mesure ou l'échelle associée au critère.
- échelle: permet de choisir le type d'échelle : quantitative (Numérique) ou qualitative (définie par l'utilisateur);
- décimales: permet de définir le nombre de décimales utilisés pour l'affichage des évaluations;

Choix et justification des fonctions de préférence

Les six types de fonction de préférence disponibles pour les méthodes PROMETHEE et GAIA et implémentés dans D-Sight sont spécifiées au tableau 5.8. Ainsi:

- le type I (critère usuel) est utilisé lorsque l'utilisation veut marquer une préférence stricte entre deux actions dès qu'il y a le moindre écart entre les évaluations. Dans ce cas, aucun seuil n'est nécessaire;
- le type II: quasi-critère (forme-U): avec seuil d'indifférence uniquement, utilisé souvent pour une échelle discrète (critères qualitatifs);
- le type III : critère à préférence linéaire (forme-V): avec seuil de préférence uniquement. Ce type est utilisé pour des évaluations en nombres réels mesurés sur une échelle continue (quantitatifs) et que le décideur ne fixe pas de zone d'indifférence;
- le type IV: critère à paliers: similaire à Forme-U mais avec un seuil de préférence supplémentaire, utilisé pour des critères qualitatifs par exemple « très mauvais, mauvais, moyen, bon, très bon » auxquels, on doit leur associer des valeurs numériques: 1, 2, 3, 4, 5;
- le type V : critère à préférence linéaire avec zone d'indifférence (linéaire) : similaire à la Forme-V mais avec un seuil d'indifférence supplémentaire. Ce type est utilisé pour des évaluations en nombres réels (quantitatifs) mesurés sur une échelle continue;
- le type VI: critère gaussien: le degré de préférence croît de façon continue. Un seul paramètre S_j doit être fixé. Ce type est utilisé plus rarement.

6.2.4.3 Modélisation multi acteurs

Bien que dans la démarche d'AMCD, l'identification des acteurs doit se faire en tout début du processus, l'intégration de ces données dans le logiciel D-Sight se fait à une phase avancée. Il est convenu aux fins de la présente simulation, que tous les acteurs adoptent une vision commune du problème y compris sur les fonctions de préférence et les seuils. Par

conséquent, tous les paramètres du problème sont fixés égaux pour tous les acteurs SAUF les poids des critères qui expriment les valeurs propres aux acteurs. Il est donc important (pour éviter plusieurs modifications) d'établir une version finale du modèle (actions, critères, min ou max, évaluations, fonctions de préférences et seuils) pour un acteur donné avant de générer les modèles pour tous les acteurs.

6.2.4.4 Génération et analyse de résultats pour chaque acteur

Il s'agit de générer les rangements partiels PROMETHEE I (Diamant) et les rangements complets PROMETHEE II pour chaque acteur, les profils des scénarios, des plans GAIA ainsi que les autres outils de visualisation des résultats.

a. *Rangement des actions selon PROMETHEE I Et II*

- rangement des actions selon PROMETHEE I : ce graphique est basé à la fois sur les flux positifs (à droite) et les flux négatifs de toutes les actions et donne un rangement partiel en faisant ressortir les incomparabilités éventuelles. Le flux positif d'une action indique dans quelle mesure cette action est préférée aux autres actions. Il s'agit d'un nombre compris entre 0 et 1. Une action est d'autant meilleure que son flux positif est grand. Le flux négatif d'une action montre dans quelle mesure les autres actions sont préférées à cette action. C'est également un nombre compris entre 0 et 1. Une action est d'autant meilleure que son flux négatif est petit.
- rangement des actions selon PROMETHEE II : ce graphique est basé sur les flux nets des actions et donne un rangement complet qui n'admet pas les incomparabilités. Le flux net d'une action est la différence entre les flux positif et négatif et ses valeurs sont donc comprises entre -1 et +1. Une action est d'autant meilleure que son flux net est grand.

b. *Plan GAIA*

Le plan GAIA permet de visualiser d'un coup d'œil un problème de décision. Les critères y sont représentés par des axes. Dans le plan GAIA, chaque axe des critères correspond à une vue agrégée du critère sur l'ensemble des actions. En examinant l'orientation de ces axes, on peut identifier rapidement les conflits entre certains critères. Les actions sont représentées par

leurs symboles, leur position permet d'identifier les points forts et les faiblesses de chacune d'elle. L'axe de décision π (P_i) représente la pondération des critères. Il indique le type de compromis correspondant aux poids choisis. Plus l'axe de décision est long, plus il possède un grand pouvoir de décision. Dans ce cas, les meilleures actions sont classées plus loin dans la direction de l'axe. Par contre si l'axe de décision est court, il possède un faible pouvoir de décision. Toute modification du poids des critères influence alors la position de l'axe et les actions sont à choisir près de l'origine des axes. Ces actions ne sont ni trop mauvaises, ni très bonnes. La valeur Delta affichée dans le coin supérieur droit de la fenêtre fournit une mesure de la quantité d'information contenue dans le plan GAIA, par rapport à l'information de départ. En pratique, si Delta est supérieur à 70%, la qualité du plan GAIA est très bonne. Pour des valeurs nettement inférieures à ce niveau, il faut interpréter prudemment les informations fournies par GAIA;

c. Profil des actions

Les profils des actions permettent de comparer les scores des actions deux à deux et sur chaque critère. Ils permettent donc d'identifier et de comparer les forces et les faiblesses respectives de deux actions. Le profil d'une action est une représentation graphique des valeurs des flux nets unicritères de cette action. Chaque critère est représenté par une barre verticale: les barres orientées vers le haut correspondent à des forces de l'action, celles orientées vers le bas correspondent à des faiblesses de l'action (figure 6.4).



Figure 6.4 Exemple de comparaison des profils d'options.

d. Les intervalles de stabilité des poids

Les intervalles indiquent dans quelle mesure le poids d'un critère peut être modifié sans affecter le classement complet des actions (PROMETHEE II) au regard des n premières actions (voir figure 6.5). Deux types de couleur (verte et orange) permettent d'apprécier le degré de stabilité : une couleur verte indique un large intervalle et à l'inverse, une couleur rouge indique un intervalle plus petit.

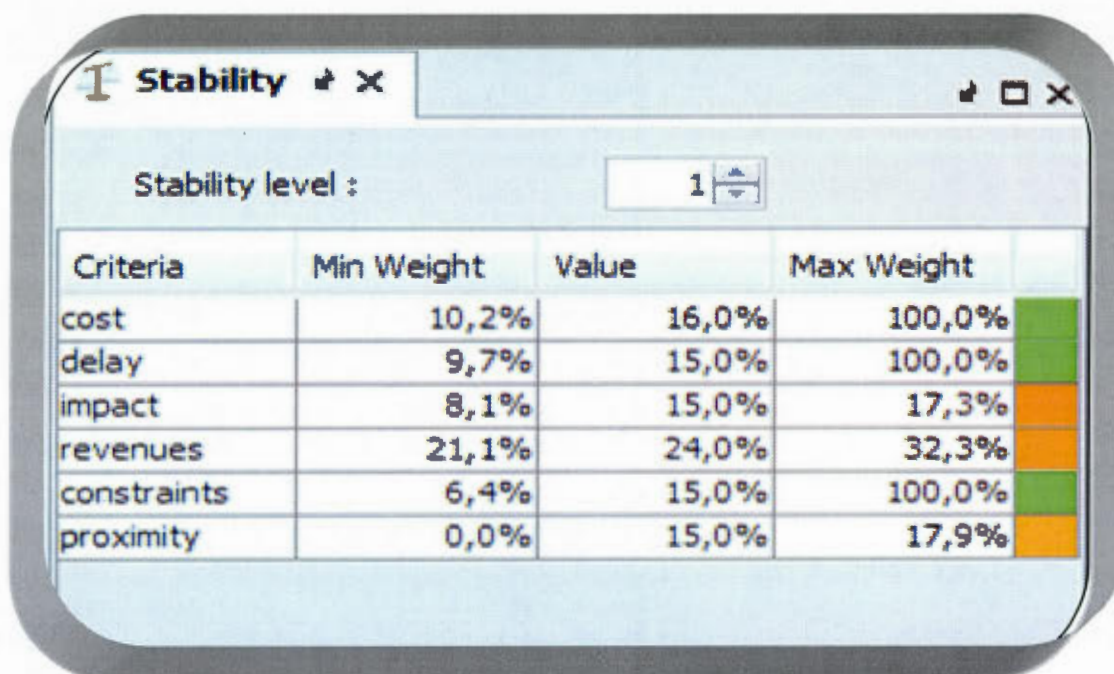


Figure 6.5 Exemple d'intervalles de stabilité des poids de niveau 1.

e. *Autres outils de visualisation des résultats*

- "Walking weights":

Ils permettent de réaliser une analyse de sensibilité visuelle et interactive sur les poids des critères par l'utilisation de deux fenêtres interactives. La première fenêtre est celle qui représente les valeurs du flux net multicritère des actions auxquelles est lié le classement PROMETHEE II. La seconde fenêtre représente la hiérarchie des poids des critères. L'importance relative de chaque critère y est exprimée en pourcentage du poids total de tous les critères. Pour effectuer une analyse de sensibilité sur les poids d'un critère donné, il existe deux possibilités. La première, en mode absolu, considère tous les critères de manière individuelle. Il faut sélectionner un critère soit sur le graphique, soit dans la hiérarchie à gauche du graphique des poids. La sélection est confirmée par un palisement de la barre correspondante. Il devient alors possible de modifier le poids du critère sélectionné en agissant sur le curseur de la barre graduée située au bas de la fenêtre. Les valeurs du score du flux net ou celles correspondant aux résultats visualisés sont recalculées automatiquement dans le graphique supérieur. La seconde, en mode relatif, permet de travailler directement sur les regroupements de critères. Les modifications apportées aux poids des critères sont

effectives dans la fenêtre des "Walking weights" et dans le plan GAIA. Par contre, les données du tableau d'évaluations ne sont pas modifiées.

- "filtre" des actions

Cet outil permet d'établir des paramètres d'inclusion ou d'exclusion des actions. Il permet de choisir un ou plusieurs critères spécifiques pour appliquer un filtre soit en désactivant ou même en supprimant des actions suivant les spécifications retenues.

6.2.4.5 Génération et interprétation des résultats pour tous les acteurs

Il est possible de générer un rangement des actions pour l'ensemble des acteurs selon PROMETHEE II ainsi que les profils des scénarios et le plan GAIA multi-acteurs pour fournir des informations aux participants au processus de négociation ou simplement pour faire des simulations. Le plan GAIA-acteur permet de faire ressortir des coalitions éventuelles et/ou des éléments conflictuels entre les acteurs ou les groupes d'acteurs.

6.2.4.6 Analyses de sensibilité et de robustesse

Un processus d'AMCD est par essence une démarche de construction d'une solution de compromis à un problème donné. Cette solution de compromis est la résultante de plusieurs paramètres définis souvent dans un contexte d'incertitude, surtout dans le domaine biologique qui nous intéresse. À cet effet, il convient de tester la validité de la solution en fonction d'un changement d'un ou plusieurs paramètres, que nous appellerons à la suite de Maystre et al (1994) des analyses de sensibilité, ou même d'un changement de l'ensemble de paramètres, c'est-à-dire une analyse de robustesse. Ainsi, selon Maystre et al (1994) :

- l'analyse de sensibilité consiste à répéter l'analyse multicritère originale en faisant varier les valeurs attribuées à l'origine aux différents paramètres de la méthode, valeurs qui sont souvent empreintes d'un certain arbitraire. Elle vise à définir les paramètres qui conditionnent le plus étroitement la solution choisie, c'est-à-dire où il suffit d'une faible modification pour changer la solution proposée;
- l'analyse de robustesse cherche à déterminer le domaine de variation de certains paramètres dans lequel une recommandation reste stable. Elle sert à fournir au décideur une recommandation synthétique et robuste, qui l'informe quant à la capacité de la solution proposée à résister à des variations entre la réalité et le modèle censé la représenter.

En procédant à une analyse de sensibilité et/ou de robustesse, il s'agit selon Brans et Mareschal (2002) de s'assurer que des modifications légères n'entraîneront pas un bouleversement des résultats obtenus et de déterminer les conséquences de modifications importantes des paramètres sur la sensibilité des résultats. Ainsi, les analyses de sensibilité et de robustesse alimentent avant tout un processus de négociation entre les acteurs du processus. Ainsi, on distingue plusieurs types d'analyses de sensibilité dans la démarche d'un groupe de négociation. On peut selon Maystre et Bollinger (1999) faire varier :

- certaines valeurs du tableau de performances, avec l'accord de tous les membres du groupe;
- des échelles ordinales, notamment le nombre de classes d'équivalence, afin d'éviter le biais de l'effet de bord²⁵;
- certains modes d'agrégation de sous-critères en critères;
- certains seuils;
- chaque acteur peut aussi faire varier sa pondération personnelle.

Ce dernier cas est le plus utilisé car les poids de critères jouent un rôle fondamental dans l'analyse d'un problème multicritère. A contrario, lorsque les seuils sont dans une limite raisonnable les classements restent stables (Brans et Marechal, 2002). Ce qui a fait dire à ces auteurs que l'analyse de sensibilité ne présente qu'un intérêt marginal avec les seuils. Mais, ils estiment intéressant d'effectuer des analyses sur les évaluations lorsque celles-ci sont entachées d'imprécision et lorsqu'en négociation l'on doit justifier le choix d'une action particulière.

Une des forces de D-Sight est d'offrir plusieurs fonctions pour faciliter des analyses de sensibilité. Ainsi, les intervalles de stabilité de poids, par exemple, aident à déterminer les critères et les intervalles de poids susceptibles de modifier le rangement des options. Les *Walking Weights* offrent une visualisation des modifications sur le classement des options découlant de changements sur les poids.

6.2.4.7 Élaboration des recommandations

Au-delà d'un exposé des résultats, les recommandations permettent d'analyser, d'interpréter et aussi de discuter les solutions mais aussi la méthodologie de l'étude.

Le cheminement des approches PROMETHÉE et GAIA est schématisé à la figure 6.6.

²⁵ Voir Simos (1990, page 27 et 28)

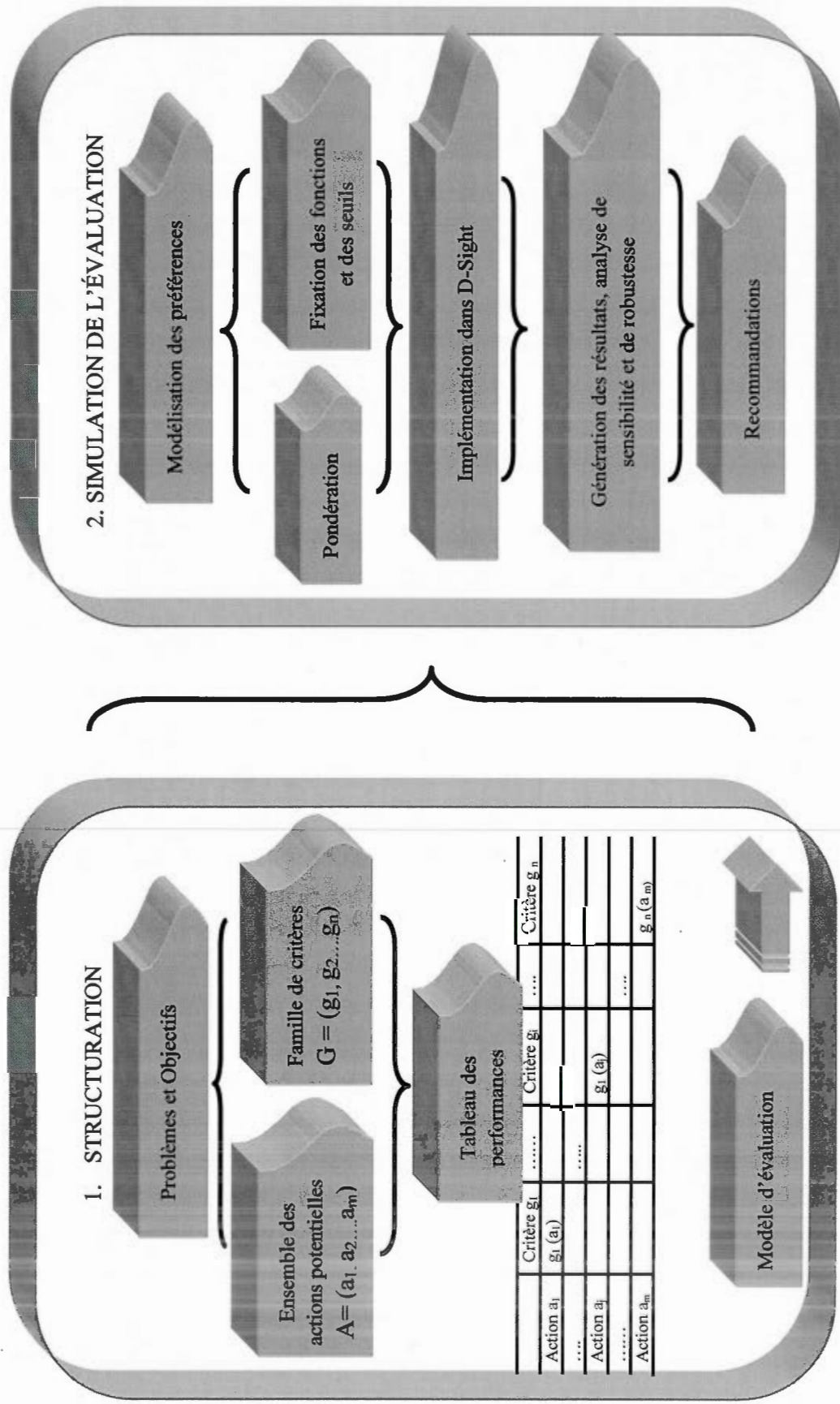


Figure 6.6 Cheminement intellectuel de PROMETHEE et GAIA.
Source Inspiré de Montignac et al. (2009).

TROISIÈME PARTIE

MODÈLE D'ÉES DE PRISE EN COMPTE DE LA BIODIVERSITÉ DANS LA PLANIFICATION DES ACTIVITÉS POST BARRAGE

*"Les résultats ne sont pas importants; ce qui compte, ce sont les processus qui les
produisent"*

SOM KUETO (1980)

CHAPITRE VII

PROCESSUS D'ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE STRATÉGIQUE ET AIDE MULTICRITÈRE À LA DÉCISION DANS UN CONTEXTE MULTI-ACTEURS

Après avoir exploré la problématique de la biodiversité en lien avec les activités anthropiques et particulièrement les aménagements fluviaux et explicité les méthodes d'ÉIE et d'ÉES, comme outils d'aide à la décision afin d'intégrer l'environnement dans la planification du développement, une position est ici adoptée par rapport à l'utilisation et la pertinence de l'AMCD comme outil privilégié d'ÉES dans un contexte multi acteurs. Ainsi, le chapitre vise à définir d'une part, les préoccupations des parties prenantes à l'aménagement de bassins fluviaux et d'autre part, à préciser les enjeux qui seront structurés sous forme de critères d'évaluation. C'est ainsi qu'une grille d'analyse multicritère est initiée avant d'être finalisée au chapitre VIII en vue de servir à l'évaluation comparative des options au chapitre IX.

7.1 Vers une méthodologie d'ÉES basée sur l'AMCD pour la planification des activités post barrage

7.1.1 Gestion de la biodiversité dans les zones de barrages en Afrique de l'Ouest

L'analyse de la prise en compte de l'environnement dans les aménagements en Afrique de l'Ouest montre des différences de pratique selon les périodes considérées. Il est constaté une évolution notable en matière de prise en compte de l'environnement entre les aménagements lors de la période coloniale (barrage de Markala en 1947) puis lors de la période post Rio en passant par les aménagements réalisés des indépendances à la conférence de Rio (Selingué entre 1976 et 1984 et aussi Diama et Manantali entre 1982 et 1988). Ce sont surtout les aménagements de la période post Rio et dans une moindre mesure ceux des années 80, qui ont fait l'objet d'étude d'impact environnementale et sociale. L'ÉIE peut aider à s'assurer que le développement proposé reste compatible avec la conservation et l'utilisation des ressources de façon à assurer la pérennité de la biodiversité (IAIA, 2005; Gontier et *al.*, 2006). C'est pourquoi, la convention sur la biodiversité préconise, à son article 14, la mise en place de dispositifs d'ÉIE comme moyen favorisant la prise en compte de l'environnement en général et de la biodiversité en particulier dans la conception et la mise en œuvre des projets de développement. Plusieurs pays ont mis en place des procédures d'ÉIES, mais il est constaté que l'efficacité de la prise en compte de la diversité biologique dans les actions

de développement (IAIA, 2004) n'est pas toujours adéquate. Ainsi, la réalisation d'une ÉIES ne garantit pas automatiquement une bonne gestion de la biodiversité. Dans le cas de Manantali/Diama, l'étude d'impact réalisée n'a pu prédire les évolutions actuelles des écosystèmes, malgré les moyens et les expertises scientifiques mobilisés (Ficatier et Niasse, 2008). Pour ces auteurs, ceci illustre le fait que les écosystèmes aquatiques sont complexes et nécessitent la mise en place d'un système d'alerte pour faire face aux problèmes éventuels. De ce fait, un plan de gestion environnementale et sociale est indispensable pour suivre les impacts plus difficiles à prédire en raison du manque de données ou de la complexité des phénomènes naturels intervenant dans le maintien de la biodiversité. Il en découle un intérêt pour les aspects politiques et sociaux des aménagements et leurs impacts sur la biodiversité. En effet, la solution à la conservation de la biodiversité est plus politique et sociale (Bahuchet et McKey, 2005; Marty et coll., 2005). Les zones affectées et les services fournis par les écosystèmes ainsi que les types d'activités prévues dans les zones de barrages en Afrique de l'Ouest témoignent de l'importance de faire attention à l'incorporation efficace de la diversité biologique dans l'ÉES (S/CDB et Commission néerlandaise d'évaluation environnementale, 2006). De même, l'implication des parties prenantes et leurs rôles dans la mise en œuvre des programmes d'aménagement est fondamentale (voir aussi chapitre V section 5.2.3). En effet, la participation des parties prenantes constitue une des composantes essentielles assurant l'efficacité des mesures de préservation et d'utilisation durable de la biodiversité (OCDE, 1999). Nous sommes d'avis avec le MEA (2005) que la science peut contribuer à veiller à ce que les décisions sociales soient prises sur la base des meilleures informations disponibles, mais, au bout du compte, le choix et les décisions concernant les niveaux de diversité biologique appartiennent à la société. C'est pourquoi, la question de la conservation de la nature est devenue une question majeure pour les sociétés humaines, tout comme celles de la pauvreté ou du développement (Levrel, 2006). Pour que les choix de société ne restent pas uniquement entre les mains des experts, il est nécessaire de développer et d'utiliser de nouvelles méthodes et de nouveaux outils ayant pour objectifs de désenclaver les savoirs, d'explorer les avenues possibles et d'ouvrir à des débats publics des questions a priori techniques (*Ibid.*). Des indicateurs comme la participation effective des catégories d'acteurs associés au processus, y compris les groupes vulnérables, le niveau et le moment auquel le public est consulté, permettent d'apprécier la participation des parties prenantes au processus

décisionnel. Cette expression est une formule générique recouvrant plusieurs mécanismes et pratiques qui diffèrent selon leurs modalités, leur caractère plus ou moins formel et le moment d'intervention dans le processus de prise de décision: information, consultation, concertation, négociation, médiation, etc. (Gauthier et *al.* 1999) (voir aussi chapitre V, section 5.2.3). La participation constitue un moyen très efficace pour favoriser une analyse réaliste des impacts et leur atténuation efficace ainsi qu'une exécution harmonieuse des activités (Goodland et Mercier, 1999). De ce fait, les enjeux environnementaux doivent être intégrés au processus décisionnel suivant une approche participative qui prend aussi en compte les priorités sociales (Axelsson et *al.*, 2012). Par ailleurs, nous considérons qu'un bon processus de participation des publics doit permettre d'intégrer les savoirs locaux. Nous considérons, comme Michon (2003), que ces types de savoirs sont comme des «instruments de gestion» indispensables au maintien de la biodiversité. La diversité biologique dépendrait donc de la diversité culturelle qui permet un enrichissement des savoirs locaux. Il faut toutefois relever que certaines pratiques traditionnelles peuvent nuire à la biodiversité. Par exemple, dans le domaine de la pêche, les populations locales ont souvent recours à des substances toxiques. Cela a évidemment des incidences sur le milieu et sur la santé des populations. Un autre exemple est la pêche dans les plaines d'inondation qui sont les principales frayères en eau douce, ou encore l'usage de filets de petites mailles, qui compromettent la pérennité des espèces. Nous devons alors insister sur le fait que c'est une partie des savoirs locaux qu'il faut considérer comme une partie de la solution.

L'efficacité et la réussite du processus de gestion de la biodiversité passe évidemment par l'existence d'un cadre réglementaire et institutionnel pour l'encadrer, et la mise en place des mécanismes de valorisation de la diversité biologique qui permettent aux populations locales de satisfaire durablement leurs besoins fondamentaux. Dans ces domaines, l'EES peut jouer un rôle de premier plan en mettant en lumière la nécessité d'un cadre politique ou de mesures de réglementation appropriés ou, lorsque ceux-ci sont déjà en place, en contribuant à l'adoption de régimes de gestion durable (Sadler et Fuller, 1999). Il faut alors un engagement politique qui doit s'exprimer à travers la législation nationale, les politiques officielles et l'attribution des ressources (Goodland et Mercier, 1999).

7.1.2 Processus d'ÉES avec l'AMCD comme outil de mise en œuvre

Le chapitre II, section 2.1 analyse et montre le lien entre l'homme et son développement d'une part, et les bassins fluviaux d'autre part. Ainsi, pour le développement socio-économique et politique, les sociétés humaines ont toujours aménagé les ressources en eau. L'augmentation constante de l'utilisation de la ressource en eau surtout depuis l'ère industrielle, a permis, grâce aux progrès techniques, de produire de l'énergie électrique mais avec des impacts négatifs de plus en plus importants. Plusieurs milliers de barrages ont été construits dans le monde (voir chapitre II, section 2.2) dont quelques centaines en Afrique de l'Ouest (voir chapitre I, section 1.2). Au niveau spatial, ces grands projets d'infrastructures structurants génèrent de nombreux impacts (chapitre II, section 2.4). Il faut reconnaître que ces ouvrages contribuent au développement économique des sociétés humaines, mais, ils engendrent aussi des iniquités sociales en plus d'impacter, souvent de façon irréversible la biodiversité. En effet, les barrages, parce qu'ils entraînent une destruction et/ou une modification des habitats fluviaux, constituent l'une des causes majeures de perte de biodiversité (voir chapitre IV, section 4.2). Ainsi, les espèces liées aux eaux sont dans une proportion de 25%, menacées d'extinction. La destruction des habitats (section 4.5) explique à elle seule les menaces d'extinction de 68% de mammifères, 77% des amphibiens et jusqu'à 78% des poissons (Reid et Miller, 1989, cités par Barbault, 1997). L'intégration de la biodiversité des eaux douces dans la planification des actions de conservation constitue un défi important pour les acteurs de la conservation (Amis et *al.*, 2009).

Plusieurs auteurs dont Simos (1990), Leduc et Raymond (2000), André et *al.* (2003) s'accordent sur l'importance de l'évaluation environnementale (ÉE) comme outil de prévision et de gestion des impacts environnementaux (section 4.2). Cet outil est utilisé depuis plus de quatre (4) décennies pour intégrer l'environnement dans la planification et la mise œuvre des projets de développement au moyen de dispositifs d'évaluation des impacts sur l'environnement mais également au niveau stratégique dans l'élaboration et la mise en œuvre des politiques, des plans et des programmes (PPP) au moyen de dispositifs d'évaluation environnementale stratégique (ÉES). L'ÉE offre l'opportunité à travers les mesures d'atténuation, de bonification et/ou de compensation des impacts, de préserver, dans une certaine mesure, la diversité biologique en plus de permettre son exploitation durable ainsi

que le maintien des processus écologiques fondamentaux. Ces trois conditions sont considérées (section 4.6), comme prioritaires et nécessaires à la conservation de la biodiversité.

L'ÉIE a été adoptée à la fin des années soixante, surtout comme une réponse réactive à la dégradation de l'environnement (Chapitre V, section 5.1). Elle est de ce fait limitée pour la prise en compte des impacts sur la biodiversité qui nécessite une approche proactive dans la mesure où certains impacts, comme la perte d'une espèce, sont irréversibles. Par surcroît, l'ÉIE présente plusieurs limites (section 5.3) comme la prise en compte limitée des impacts cumulatifs, qui sont pourtant propres à tout projet d'aménagement en particulier des ouvrages structurants comme les barrages.

Suite aux analyses précédentes, il ressort que l'ÉES offre présentement le meilleur cadre d'analyse pour prendre en compte les enjeux environnementaux, ce qui sous-tend la prise en compte de la conservation de la biodiversité et contribuerait à la promotion et à l'atteinte du développement durable. L'ÉES intègre la prise en compte des impacts cumulatifs et offre des possibilités aux acteurs de participer au processus le plus en amont possible (chapitre V, section 5.2.3). L'ÉES permet de gérer et d'encadrer les débats et propose une solution au défi de la gouvernance territoriale que pose la construction des barrages (Fortin, 2009). Elle permet ainsi la prise en compte de tous les enjeux y compris ceux qui débordent de la question de l'analyse des modifications de l'environnement découlant directement de la réalisation d'un ouvrage pour s'étendre à l'ensemble des interventions d'origine anthropique sur un territoire donné comme le bassin hydrographique d'un fleuve.

La présente recherche propose un modèle d'aménagement territoriale post barrage axé sur la structuration du problème, la résolution multicritère du problème et l'évaluation comparative des options (voir section 7.2). Le processus est basé sur une approche de planification concertée qui s'appuie sur une dynamique d'interaction des acteurs, basée sur le dialogue, l'échange d'opinions et la mise en évidence de logiques communes visant un mariage entre connaissances et actions (réflexion dans l'action) dans une logique constructiviste. Cette approche renvoie à des transformations structurelles et à des choix collectifs basés sur la négociation intégrative d'enjeux divers dans une perspective innovatrice (la confrontation est

révélatrice des divergences à partir desquelles émerge une solution originale). Elle offre à cet égard un autre cadre pour l'adoption de mesures d'atténuation ou de compensation qui peuvent découler du processus de négociation sociopolitique entre les parties prenantes, où interviennent les jeux de rapport de force plutôt que suivant un processus raisonné qui caractérise une démarche d'ÉIE ou d'ÉES.

L'ÉES régionale qui est privilégiée dans cette étude (voir chapitre V, section 5.4.3), constitue une approche opportune dans le cas d'un bassin hydrographique comme celui de la zone du Programme «Kandadji» qui sert de cas dans cette recherche. Cette forme d'ÉES permet d'évaluer les problèmes et les effets sur l'environnement en tenant compte de la dimension spatiale des interventions (BM, 1999).

Par ailleurs, l'application de l'ÉES souffre à l'heure actuelle des limites des outils qui proviennent en partie de l'ÉIE (voir chapitre V, section 5.4.3.2). Ainsi, les procédures d'évaluation environnementale (ÉIE et ÉES) présentent un certain nombre de lacunes méthodologiques qui portent autant sur l'agrégation des évaluations que sur le moment et les modes d'implication des parties prenantes (voir aussi Kourouma, 2005). Pour pallier ces problèmes, cette recherche opte pour une approche d'agrégation des évaluations compatibles avec la multi dimensionnalité de la biodiversité ainsi que la complexité des systèmes biologiques et la présence de plusieurs acteurs aux intérêts souvent divergents (section 7.3).

Pour aboutir à une conservation durable de la biodiversité dans les zones de barrages, il est proposé une démarche participative et itérative d'évaluation environnementale stratégique régionale avec l'AMCD comme outil de mise en œuvre.

7.2 Mise en œuvre du modèle intégrant ÉES et AMCD

La démarche proposée s'applique à une problématique de mise en valeur d'un bassin versant dans une perspective de lutte contre l'insécurité alimentaire et de conservation durable de la biodiversité.

Rappelons que conformément à la méthodologie de recherche (voir section 6.2), trois temps forts (figures 7.1, 7.2 et 7.3) caractérisent le processus proposé, il s'agit des phases de: i)

structuration du problème, ii) résolution multicritère du problème et iii) Évaluation comparative des options.

La structuration du problème (figure 7.1) consiste en l'identification et la catégorisation des acteurs (de la gestion de la biodiversité), l'identification des enjeux (liés à l'aménagement des bassins fluviaux) et des préoccupations des acteurs à cet égard, la structuration des enjeux sous la forme de critères d'évaluation auxquels sont associés des indicateurs de performance. Préalablement à ces deux activités, des outils de collecte de données, guides d'entretien (voir annexes 5 à 7) ont été élaborés et validés. Parallèlement à ces trois moments de préparation, les options pour la mise en valeurs du bassin fluvial qui avaient été proposées à l'issue de la revue de littérature, ont été consolidées tout au long du processus.

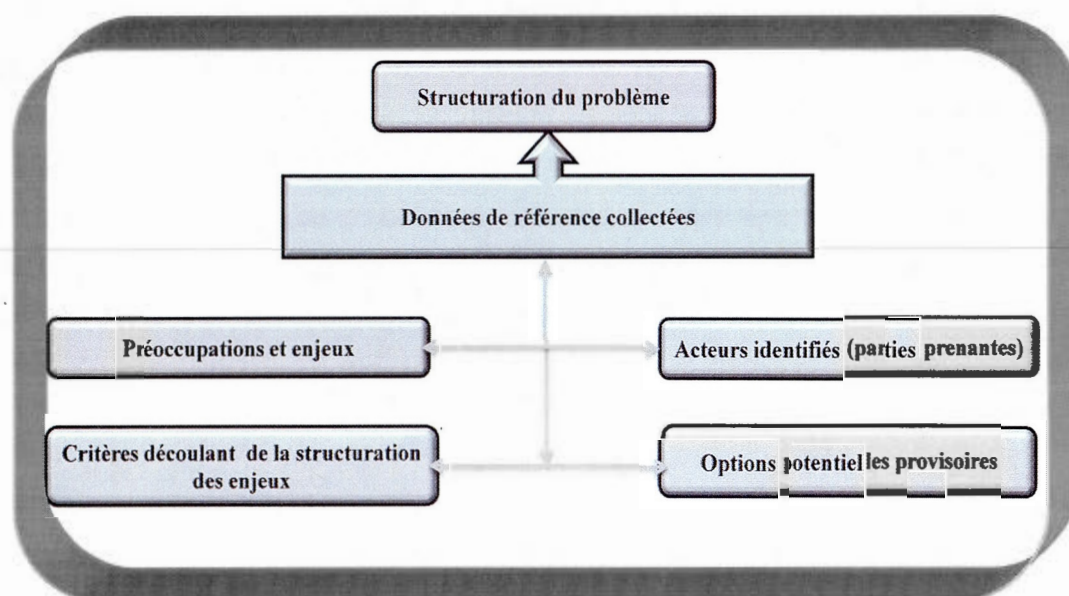


Figure 7.1 Structuration du problème

La phase de résolution multicritère du problème (modélisation) (figure 7.2), consiste à élaborer un tableau des performances à partir de données (issues de la revue de la littérature et validées par des observations de terrain et surtout par la consultation et la concertation des acteurs).

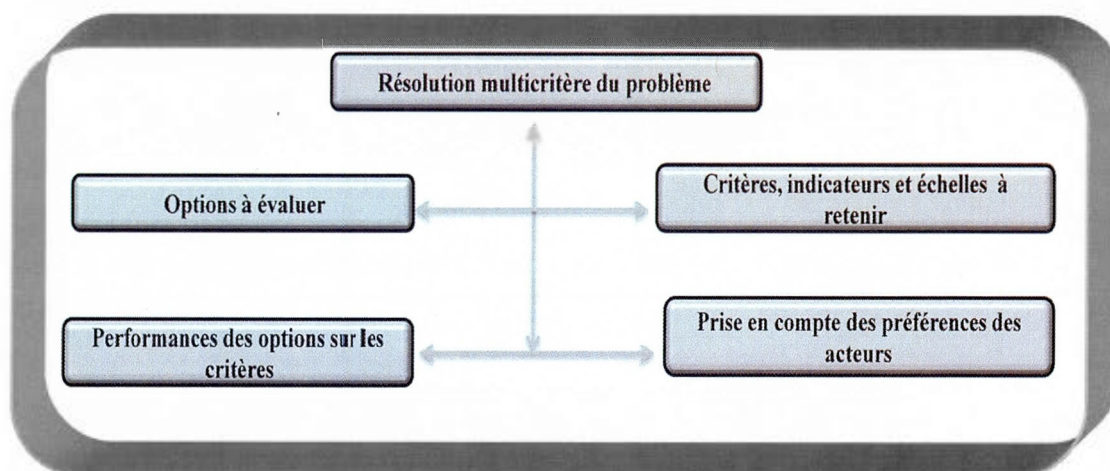


Figure 7.2 Résolution multicritère du problème

La phase d'évaluation comparative des options (figure 7.3) consiste à agréger les performances et à modéliser les préférences globales en tenant compte des convergences et des divergences exprimées par les acteurs au moyen du logiciel d'analyse D-Sight. L'agrégation des performances a permis de comparer et de ranger les options en appliquant la grille d'évaluation multicritère et de formuler des recommandations après avoir procédé à des analyses de sensibilité et de robustesse des solutions retenues.

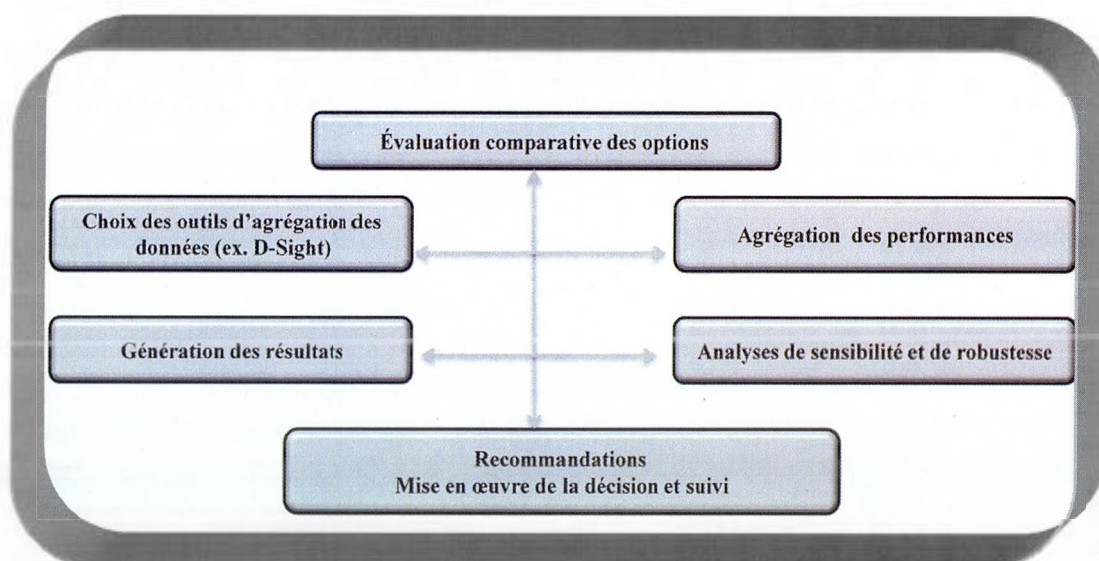


Figure 7.3 Évaluation comparative des options.

Le processus épouse ainsi une démarche classique d'AMCD. En effet, quel que soit le cadre de sa mise en œuvre, toute démarche d'évaluation multicritère suit un processus systématique

constitué de trois étapes: la structuration du problème d'évaluation, le développement d'un modèle d'évaluation, l'élaboration de recommandations (Montignac et *al.* 2009). Ces trois étapes synthétisent les phases détaillées à la section 6.2 du chapitre VI et permettent de déterminer l'objet de la décision, d'analyser les conséquences des décisions envisagées à travers l'élaboration des critères d'évaluation avant d'élaborer des recommandations (voir chapitre V, section 5.5.4).

7.3 Résultats et discussion du processus de préparation du modèle

7.3.1 Identification des parties prenantes au processus décisionnel

Sur un plan terminologique, nous avons explicité le terme général d'acteur (chapitre V, section 5.5.4.6.) qui est souvent précisé de manières diverses. Selon les conceptions envisagées en AMCD, on se réfère aux concepts de parties prenantes²⁶, ou encore à celui de parties intéressées²⁷ par le problème soulevé (Froger et Oberti, 2002). Nous préférons utiliser la première notion selon une approche inclusive et qui présuppose que chacun aura la possibilité de prendre part au processus et d'influencer la décision. En effet, le concept de parties prenantes incorpore toutes les personnes, groupes ou organismes qui ont des intérêts et peuvent être affectés par la résolution du problème et/ou avoir une influence sur elles (Rousseau et Martel, 1996). Cela permet de distinguer deux catégories de parties prenantes: les personnes affectées qui sont généralement porteuses d'enjeux reliés aux impacts directs des projets et les personnes concernées c'est-à-dire intéressées par des enjeux stratégiques (Ibid.).

Le processus d'identification des parties prenantes au processus décisionnel a débuté par la revue de la base de données du Programme «Kandadji» et des ministères techniques intéressés à la gestion de la biodiversité et de l'aménagement du Bassin du Niger. Les documents de base sont les rapports d'études environnementales et sociales détaillés du

²⁶ « Tout individu, corps constitué ou collectivité susceptible de prendre part effectivement (éventuellement par l'intermédiaire d'un mandataire) dans le déroulement du processus de décision avec l'intention de l'influencer en fonction des objectifs dont il est porteur ou de ses propres enjeux » (Roy, 2000, p. 5). Notons que le terme anglais équivalent *stakeholder*, ou porteur d'enjeux, est d'une acception encore plus large : il désigne tout individu ou groupe d'individus ayant un intérêt conscient ou non dans le contexte décisionnel. Dans ce cas, les générations futures peuvent être une partie prenante.

²⁷ Personnes, groupes de personnes ou organisations pouvant être affectées par l'action du ou des décideurs, ou qui peuvent en affecter ou influencer le processus de décision (Banville et *al.*, 1998).

Programme «Kandadji», l'étude de faisabilité ainsi que des différents instruments réglementaires de mise en œuvre (l'arrêté 010/PM/HCAVN du 05 février 2008 portant création, attributions, composition et fonctionnement d'un comité technique de coordination de la mise en œuvre du Programme «Kandadji»). Ainsi, une liste préliminaire des acteurs a été identifiée puis soumise lors d'une réunion aux membres du comité technique. Cela a permis de bonifier la liste par l'ajout d'autres acteurs, principalement les populations rurales qui n'étaient pas prises en compte par l'arrêté susmentionné. En effet, *« le meilleur moyen de traiter des problèmes environnementaux est d'assurer la participation de tous les citoyens concernés, au niveau qui convient. Au niveau national, chaque individu doit avoir accès aux informations relatives à l'environnement que détiennent les autorités publiques, y compris aux informations relatives aux substances et activités dangereuses dans leurs collectivités, et avoir la possibilité de participer aux processus de prise de décision... »* (Principe 10 de la déclaration de Rio) (NU, 1992). En outre, nous avons intégré certaines ONG œuvrant dans le bassin du Niger et cela en conformité avec l'agenda 21, qui appelle à un *« partenariat global pour le développement durable impliquant la participation publique la plus large et l'implication active des organisations non gouvernementales (ONG) »* (CNUED, 1992).

Cela intègre le fait que les caractéristiques des problèmes environnementaux laissent place à une pluralité irréductible de points de vue, donc de systèmes de valeurs émanant d'individus ou de groupes d'intérêts divers (Froger et Oberti, 2002). Cela justifie une approche inclusive de toutes les parties y compris des acteurs n'appartenant à aucune structure officielle.

Dans un souci de cohérence et d'efficacité, nous avons recensé l'ensemble des parties prenantes au Programme «Kandadji» et qui interviennent directement à la gestion de la biodiversité et/ou qui ont un intérêt relié à la biodiversité. Cette approche permet de prendre en compte à la fois les parties affectées et les parties concernées. Toutefois, certains acteurs n'ont pas participé à tout le processus puisqu'ils n'ont pas reçu le mandat de leurs organisations. Nous avons finalement travaillé avec seize (16) acteurs clés étant entendu qu'il n'est pas nécessaire que tous les acteurs participent à toutes les étapes d'un processus de décision (Rousseau et Martel, 1996).

Les groupes d'acteurs sont représentés différemment selon le contexte géographique (Prades et *al.*, 1998). Des auteurs comme Thérivel et Partidário (1996), Gauthier et coll. (2000), Risse (2004) identifient cinq (5) groupes d'acteurs. Ce sont : l'initiateur ou promoteur, l'autorité compétente responsable de la décision, les autorités environnementales, le public et les experts. Mais, à notre avis, la représentativité des acteurs est aussi fonction du contexte socioculturel. Aussi, la catégorisation proposée plus haut, n'est pas nécessairement représentative de notre cadre de recherche qui se caractérise par une plus grande diversité d'acteurs dont les pouvoirs sont plus ou moins bien définis et dont les influences sur la prise de décision sont également plus ou moins bien définies. Aussi, nous proposons une structuration suivant les catégories d'acteurs publics, société civile, associations villageoises, groupements d'intérêts économiques. De plus, il convient d'intégrer les acteurs intergouvernementaux (ouest-africains) pour tenir compte de la dimension transnationale des bassins versants. De même, nous préférons réserver le terme «expert» aux évaluateurs des critères ainsi qu'aux spécialistes de l'AMCD (analyste).

De par leurs fonctions, ces acteurs représentent plusieurs niveaux d'intervention (locale, régionale, nationale et transnationale (voir figure 7.2 à la fin de la section). L'ensemble des parties identifiées a fonctionné tout au long de la recherche sous la forme d'un groupe de travail. Toutefois, le travail a été conduit de façon asynchrone et délocalisée du moins pour ce qui concerne les cadres techniques avec qui nous avons beaucoup interagi par courrier électronique. Cette étape de la recherche a permis de mettre en évidence les intérêts, les missions défendues par chacune des parties à titre de porteuse des valeurs ou d'objectifs et missions institutionnelles. Ainsi, il devient important de décrire les seize (16) acteurs en définissant leurs missions et les intérêts qu'ils défendent. Le chapitre VIII révèle comment la pondération des critères reflète ce phénomène.

1) Le Département Environnement et Gestion des Écosystèmes du Haut-Commissariat à l'Aménagement de la Vallée du Niger (DEGE).

Le DEGE est direction technique du Haut-Commissariat à l'Aménagement de la Vallée du Niger (HCAVN), maître d'ouvrage du Programme «Kandadji» de Régénération des Écosystèmes et de Mise en valeur de la vallée du Niger (P/KRES-MIN) contribue à la mise en œuvre d'une approche intégrée et participative qui favorise la conservation de la

biodiversité tout en garantissant la gestion durable et équitable des ressources naturelles de la vallée du fleuve Niger. Il a pour mandat de coordonner la mise en œuvre des activités de régénération des écosystèmes et du suivi des modifications environnementales dans la vallée du Niger et particulièrement dans la zone d'influence du «P-KRES-MIN».

À ce titre, il est responsable du suivi et de la coordination de la mise en œuvre du "Plan de Gestion Environnementale et Sociale" (PGES) en son volet environnemental à travers les programmes d'atténuation et de bonification des impacts environnementaux du programme «Kandadji» et certaines activités du "Plan de Développement Local" (PDL). En conséquence, cet acteur a un intérêt marqué pour le développement durable.

2) Le Bureau d'Évaluation Environnementale et des Études d'Impact (BEEEI)

Le BEEEI, institué par ordonnance N° 97-001 du 10 janvier 1997 au sein du ministère en charge de l'environnement, est la structure responsable de la gestion administrative de la procédure d'évaluation environnementale et des études d'impacts au Niger. À ce titre, il est chargé entre autres de surveiller, suivre et évaluer les différents plans issus de l'évaluation environnementale et sociale des activités, projets, programmes et plans de développement qui y sont assujettis. De par ses attributions, cet acteur est au cœur de la promotion du développement durable au Niger.

3) Le Conseil National de l'Environnement pour un Développement Durable (CNEDD)

Le CNEDD, rattaché au cabinet du Premier ministre, a été créé conformément aux chapitres 8 et 38 de l'Agenda 21, demandant à chaque partie de mettre en place un organe de coordination. Il assure la coordination et le suivi de la politique nationale en matière d'environnement et de développement durable. Ses missions sont entre autres de veiller au respect des normes environnementales nationales et internationales dans toutes les activités de développement économique, social et culturel, cet acteur porte des valeurs de développement durable et d'intégration de l'environnement dans les activités de développement.

4) *La Direction de la Pêche et de l'Aquaculture (DP/A)*

La DP/A est une direction technique du ministère en charge de l'environnement, et est responsable de la mise en œuvre de la politique nationale en matière de pêche et d'aquaculture. Elle veille sur la gestion durable des ressources aquacoles, le développement de la pêche et de la pisciculture et s'occupe particulièrement de la conservation de la biodiversité ichthyenne y compris la préservation des habitats aquatiques, la gestion durable des adventices aquatiques envahissantes et l'application de la réglementation nationale ainsi que l'application et le suivi des conventions et des accords internationaux ratifiés par le Niger en matière de pêche et de pisciculture.

5) *La Direction de la Faune, de la Chasse et des Aires Protégées (DFC/AP)*

La DFC/AP est responsable au sein du ministère en charge de l'environnement de l'application de la Loi portant régime de la chasse et de la protection de la faune au Niger, le suivi et la mise en œuvre des conventions, traités et accords bilatéraux et multilatéraux en matière de faune, de zones humides et d'apiculture. Elle a entre autres attributions le développement des ressources fauniques et la promotion de leurs valeurs scientifiques, culturelles, sociales et économiques ainsi que l'élaboration et la mise en œuvre des plans d'aménagement de la faune hors réserve. Cet acteur est ainsi au cœur de la conservation de la biodiversité en particulier écosystémique et faunique et a un rôle majeur dans la planification des activités du Programme «Kandadji» en particulier pour l'implantation de l'aire protégée.

6) *Le Centre National de Surveillance Écologique et Environnementale (CNSÉE)*

Le CNSÉE a pour mission, pour le compte du ministère en charge de l'environnement, la production et la diffusion des outils d'aide à la décision en matière de politique environnementale et de développement durable. Il collecte traite et analyse les données biophysiques (dont la biodiversité) et socio- économiques susceptibles d'alimenter un tableau de bord des indicateurs d'aide à la décision. Cet acteur aura donc un rôle majeur sur le suivi à long terme des effets et impacts du programme Kandadji.

7) *La Direction Générale du Génie Rural (DGGR)*

Cette Direction technique du ministère en charge du développement agricole, est chargée de l'élaboration, l'application et le suivi de la politique nationale en matière d'aménagement de terres, de mobilisation des eaux à des fins agro-sylvo-pastorales et des activités connexes. À ce titre, elle se charge, entre autres, de veiller à la promotion de la politique nationale en matière d'aménagement de terres agricoles, de mobilisation des eaux de surface et souterraines, de construction des infrastructures rurales et de développement de l'irrigation. Cela implique le contrôle de l'exécution de plans et programmes relatifs à l'aménagement hydraulique : hydraulique agricole, aménagement de mares, bas-fonds et cours d'eau, barrages, seuils d'épandage, aménagement pastoral. En outre, elle est responsable de la gestion intégrée des bassins versants nationaux et transfrontaliers. Cet acteur est donc au cœur du programme Kandadji, en particulier sur le volet aménagement de terres irriguées.

8) *La Direction Régionale du Développement Agricole de Tillabéri (DRDA/Ti)*

Cet acteur représente le ministère en charge du développement agricole au niveau de la région de Tillabéri. À ce titre, la gestion durable des ressources naturelles constitue une préoccupation majeure de cet acteur en ce qu'elle permet d'assurer une production satisfaisante permettant de subvenir aux besoins alimentaires des populations. Cet acteur participe ainsi à l'élaboration et à la conduite des stratégies de conservation et d'utilisation rationnelle des ressources naturelles et de préservation de la diversité biologique. La protection des écosystèmes et l'aménagement des terres du bassin du Fleuve Niger sont au cœur de la mission de cet acteur.

9) *Le Programme de Lutte Contre l'Enablement dans le Bassin du Niger (PLCE/BN).*

Le Programme de Lutte Contre l'Enablement dans le Bassin du Niger (PLCE/BN) placé sous la tutelle de l'Autorité du Bassin du Niger (ABN) a pour mission de *Contribuer à enrayer le phénomène de l'ensablement dans le Bassin du Niger*. Cet acteur est un élément majeur dans la réponse à l'un des plus graves problèmes en matière de protection et de développement durable des ressources du Bassin du Niger, à savoir l'ensablement et le développement de toutes les formes d'érosion. Le PLCE a entre autres principes directeurs,

une approche participative en vue de l'implication et de la responsabilisation de tous les acteurs, et du renforcement de leurs capacités d'intervention.

10) L'Association Nigérienne des Professionnels en Études d'Impact sur l'Environnement (ANPÉIE)

L'ANPÉIE est une organisation apolitique à but non lucratif qui vise principalement à promouvoir la prise en compte des préoccupations environnementales dans les politiques, les orientations, les stratégies, les programmes et projets de développement socio-économique dans le cadre des processus de planification. À travers ses activités, cette association apporte son concours pour la formation et la sensibilisation du personnel des bureaux d'études, des projets, des entreprises ainsi que des populations locales, en matière d'évaluation des impacts environnementaux, de surveillance et de suivi de la mise en œuvre des plans d'atténuation et/ou de bonification des impacts sur l'environnement. Cet acteur est donc porteur de valeurs d'intégration de l'environnement dans les activités de développement.

11) L'ONG Contribution à la Gestion des Zones Humides (CoGeZoH).

Cet acteur s'est fixé comme mission de contribuer à la gestion participative et durable des zones humides pour améliorer le cadre de vie des populations. Pour cela, cette ONG a pour objectifs, entre autres, d'organiser et encadrer des populations rurales pour une exploitation saine et durable des zones humides, de créer un cadre rural de concertation en vue d'harmoniser les différentes formes d'utilisation des zones humides, de conserver la biodiversité, d'impliquer et de responsabiliser les communautés rurales dans la gestion des zones humides. Il est ainsi un acteur central du Programme «Kandadji» qui porte sur le fleuve Niger, l'une de rare zone humide du Niger.

12) L'Association Des Aquaculteurs (ADA)

L'Association Des Aquaculteurs (ADA) est une organisation à but non lucratif créée en 1996. Elle s'est fixée comme objectif d'améliorer les conditions de vie des femmes, des jeunes et des couches vulnérables ou minoritaires. Pour ce faire, l'ADA appuie les initiatives locales en privilégiant une responsabilisation des communautés de base en vue d'une gestion durable des ressources naturelles en général et des ressources aquacoles en particulier.

13) Populations du Campement de Mallou (PM)

Ce campement de pêche est installé depuis près de 60 ans et sa population se consacre presque exclusivement aux activités de pêche en dépit de l'effondrement des pêcheries. Elle fonde ainsi beaucoup d'espoir sur le Programme «Kandadji» et espère une réhabilitation des pêcheries avec la mise en place du réservoir. Ces populations espèrent aussi d'être mieux impliquées dans toutes les phases de la mise en œuvre du Programme «kandadji» de Régénération des Ecosystèmes et de Mise en valeur de la vallée du Niger (P/KRES-MIN) afin de contribuer efficacement au développement socioéconomique de la zone.

14) Populations du Campement de Baramé (CB)

Ce campement, datant d'environ 100 ans, regroupe une population qui pratique la pêche en tant qu'activité principale et l'agriculture de subsistance pour pallier à la crise du secteur piscicole. Cet acteur a ainsi des intérêts pour la réhabilitation des activités de pêche, le développement du tourisme intégré axé sur la valorisation des zones de prédilection des espèces emblématiques (hippopotames, lamantins d'Afrique, etc.) et la riziculture (surtout de décrue) à travers une préservation et une réhabilitation de l'écosystème fluvial. Ces populations réclament aussi une plus grande participation dans la prise de décision.

15) Coopérative rizicole de Firgoun (CRF)

C'est un groupement d'intérêt économique qui exploite principalement les aménagements de Firgoun Nord suite à l'abandon à partir de 2004 de Firgoun Sud (voir tableau 1.2) à cause des inondations et de conflits d'occupation de l'espace avec les hippopotames qui détruisent les casiers rizicoles. Cet acteur a un intérêt marqué pour l'augmentation et la protection des superficies irriguées.

16) Coopérative Markasiney d'Ayorou Goungou (CM/AG)

Cette coopérative est un groupement d'intérêt économique dont les membres pratiquent diverses activités dont la pêche, la riziculture traditionnelle et aussi la culture pluviale dunaire. Elle regroupe ainsi des adhérents qui ont souvent des intérêts quelque peu divergents mais dont chacun attend des bénéfices du Programme «Kandadji».

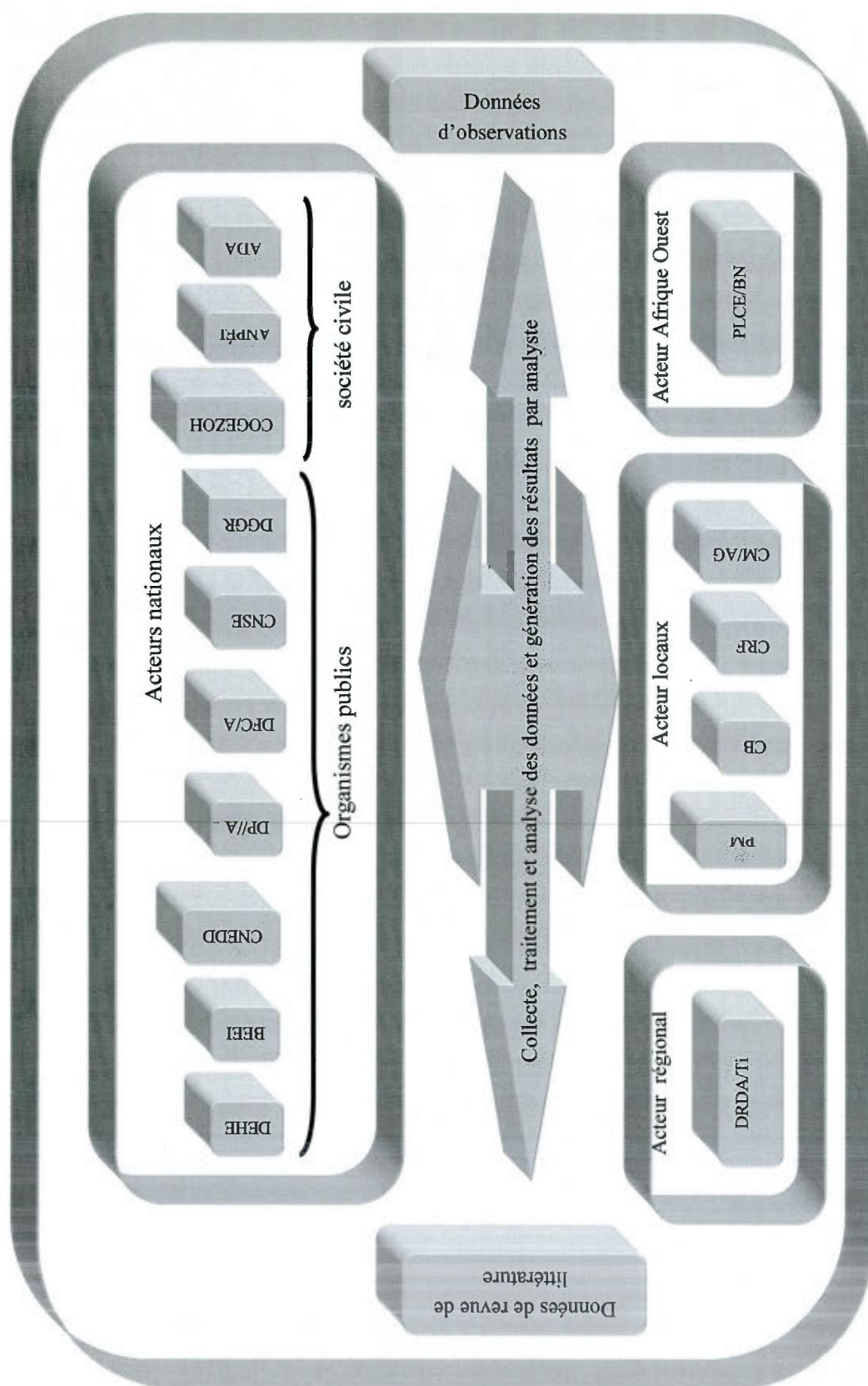


Figure 7.4 Interactions entre les parties prenantes à la table de travail.

Ces acteurs sont ceux qui ont effectivement participé à tout le processus c'est-à-dire de la préparation du modèle à la phase de simulation. D'autres acteurs ont participé à la préparation du modèle en fournissant des informations sans continuer les phases subséquentes pour des raisons de calendrier. Il s'agit principalement de l'Institut National de la Recherche Agronomique du Niger (INRAN), de la Faculté des Sciences et Techniques, de la Faculté d'Agronomie de l'Université de Niamey, ainsi que du "Programme Eau douce pour l'Afrique" du WWF.

L'étude s'est déroulée juste après la saison pluvieuse qui coïncide avec la remontée de troupeaux vers les terres dunaires non cultivées. Si les circonstances nous l'avaient permis, il aurait certainement été plus édifiant d'étendre le processus de terrain sur une période plus longue. Ainsi, le processus a été dominé par les acteurs gouvernementaux qui représentent 50% de l'effectif. Mais, cela n'a pas eu d'impact sur la simulation réalisée au chapitre VIII.

Le processus d'aide multicritère s'est poursuivi avec l'équipe ainsi constituée, conformément à l'approche méthodologique développée au chapitre VI, section 6.2, qui combine entretiens individuels, *focus group* et observations de terrain, selon une approche participative et itérative. Il y a eu plusieurs rétroactions pour revoir et améliorer le processus à la lumière d'informations fournies par les acteurs ou des données récoltées sur le terrain. Les résultats des entretiens individuels et en groupe ont permis de dresser une liste exhaustive de préoccupations des acteurs et aussi d'affiner la liste des enjeux liés aux activités post barrage.

7.3.2 Préoccupations et enjeux liés à l'exploitation des zones de barrages

La construction de grands barrages impose des choix techniques d'aménagement et entraîne des conflits d'usage (Duvail et Hamerlynck, 2006). Le choix technique d'aménagement optimal (celui qui minimise les impacts négatifs et maximise les retombées) ne sera pas nécessairement le même selon le modèle de développement auquel nous nous référons. Malgré l'insuffisance de données de base permettant d'évaluer les impacts et les retombées des projets, la recherche de solutions suivant le cheminement proposé par les méthodes d'aide multicritère à la décision permet en quelque sorte de «structurer le problème» à partir de l'identification et de l'analyse des enjeux des actions proposées auxquelles participent les

parties prenantes. Elle peut servir d'amorce à un processus de discussion entre les parties prenantes. Les méthodes d'AMCD sont depuis longtemps appliquées de façon avantageuse en matière de gestion environnementale en particulier au Canada (Martel et Rousseau, 1993; Rousseau et Martel, 1996; Prével et *al.* 2004; Vasquez et *al.* 2012), en Suisse (Maystre et *al.* 1994; Maystre et Bollinger, 1999;) et de façon émergente en contexte ouest-africain (Kourouma, 2005; Samoura, 2011) qui se caractérise par la présence de plusieurs parties prenantes poursuivant parfois des objectifs divergents en plus de l'insuffisance de données pour évaluer les impacts et les retombées des actions envisagées. Mais, l'AMCD s'accommode avec des informations même fragmentaires surtout à un niveau stratégique.

Le chapitre II portant sur les aménagements fluviaux a permis de mettre en évidence les impacts et défis soulevés par la construction de barrages. Ces impacts occasionnés par les barrages, souvent indirects et induits, soulèvent des questions et préoccupations²⁸ chez les parties prenantes. Ces questions et préoccupations sont ensuite traduites par le spécialiste d'aide à la décision et formulées sous forme d'enjeux. Les préoccupations ne constituent pas la seule source d'informations pour identifier les enjeux. Les connaissances acquises dans la réalisation de ce type de projet, l'analyse des experts en évaluation d'impact du projet à l'étude et le «savoir social» constituent également des sources d'informations importantes. Ces enjeux peuvent ainsi concerner des éléments faisant partie soit de la définition du problème et des options, soit de leur évaluation. Ainsi, une partie des enjeux permet de définir des objectifs intégrés dans la formulation des options suivant le cadre conceptuel défini au chapitre VIII (voir figure 8.3). Par ailleurs, une partie des enjeux est structurée pour élaborer une grille d'analyse multicritère (critères et indicateurs) permettant d'évaluer les scénarii analysés (chapitre VIII).

La définition des préoccupations s'est faite autant par l'analyse de la situation socio-économique et environnementale des zones de barrage en Afrique de l'Ouest (chapitre I) que lors des entretiens et séances de travail avec les parties prenantes. L'intégration du savoir social à toutes les étapes de la planification et de la prise de décision renforce la mise en place

²⁸ Comme certaines préoccupations ne sont pas directement liées à la problématique de recherche, un effort d'analyse et de recentrage a été fait pour se focaliser uniquement sur les préoccupations en lien avec l'aménagement de barrages et la mise en œuvre des options d'aménagements (voir chapitre VIII).

d'un modèle alternatif de développement, conçu comme un processus d'apprentissage multidimensionnel et collectif (Gagnon, 1994).

Les préoccupations et enjeux relevés lors de la revue de littérature recourent parfaitement ceux soulevés par les parties prenantes. Ces préoccupations et enjeux peuvent être catégorisés suivant les dimensions du développement durable et portent sur des aspects écologiques, économiques, sociaux. Ces derniers pouvant être scindés en deux sous-dimensions : socioculturelle et aménagement du territoire.

Cela permet d'assurer la pérennité du développement qui nécessite l'intégration des facteurs sociaux et écologiques, ainsi que des facteurs économiques, de la base de ressources vivantes et non vivantes, ainsi que des avantages et des désavantages à long terme et à court terme des options de développement (UICN, 1980).

Dans le souci de recueillir les avis de différentes catégories d'acteurs et conformément à la méthodologie élaborée (chapitre VI) qui tient compte des réalités de la zone d'étude, diverses formes de consultation des parties prenantes ont été utilisées. Nous avons procédé par *focus group* en zone rurale en utilisant la technique en réseau (chapitre VI) tandis que les formes de l'entretien individuel et de mini atelier ont été privilégiées avec les cadres techniques. Ces dernières formes de consultation permettent de mieux prendre en compte selon Bourret et coll., (2003) in Samoura (2011) les:

- préoccupations de tous les acteurs concernés dans la définition des enjeux et des objectifs, qui seront structurés par la suite en critères et indicateurs;
- préférences collectives (des groupes d'acteurs), au détriment des opinions des individus qui les représentent.

Finalement, après la revue de littérature, les *focus group* avec les représentants des différentes communautés rurales de la zone d'étude, plusieurs entretiens formels et informels avec les services techniques en charge de la gestion de la biodiversité et de l'aménagement des bassins fluviaux ont été tenus (chapitre VIII). À travers ces rencontres, nous avons pu recueillir, les préoccupations et enjeux liés à la planification des actions dans une zone de barrage. Toutefois, il est important de noter que les préoccupations et les enjeux soulevés par plusieurs participants ne portaient pas uniquement sur la zone d'étude mais plus

généralement sur la région ouest-africaine. En effet, même si le barrage de Kandadji n'est pas encore réalisé, plusieurs des parties, souvent de pêcheurs itinérants ont l'expérience de barrages installés en amont, en territoire malien. C'est pourquoi un recentrage a été fait au chapitre VIII pour tenir des objectifs et des priorités d'action pour l'aménagement du tronçon nigérien du fleuve Niger sous influence du barrage de Kandadji. Le portrait réalisé a permis de définir un cadre d'intervention, de construire des critères d'évaluation comparative des options potentielles de mise en valeur du Niger moyen. Nous sommes d'avis avec Gagnon (1994, p. 221) « (...) *que la reconnaissance de l'importance du savoir social dans la gestion du territoire et de ses ressources permet une reconstitution du territoire, qui prend en compte les spécificités du lieu, les capacités d'intégration et d'adaptation de chaque communauté et localité* ». Le fait même de reconnaître et d'intégrer ce savoir engendre une redistribution du pouvoir d'influence des acteurs sociaux sur le processus de prise de décision.

Le résultat présenté au tableau 7.1 est le produit d'un travail de structuration et d'analyse regroupant les préoccupations. Ainsi, nous présentons les préoccupations qui ont été synthétisées sous forme d'enjeux de façon formalisée selon 4 dimensions qu'on peut relier à celles du développement durable.

Tableau 7.1 Synthèse des préoccupations et enjeux liés à l'aménagement

Dimensions	Enjeux	Exemples de préoccupations
1. <i>Écologique</i>	1.1. Perte de biodiversité spécifique	<ul style="list-style-type: none"> • réduction de la biodiversité spécifique (ichthyologique, végétale et animale) • modification de la composition taxonomique de la faune ichthyenne et de la flore incluant les espèces appréciées par la faune • réduction d'espèces dans les plaines d'inondation • modification de la distribution des espèces
	1.2. Perte d'habitats naturels	<ul style="list-style-type: none"> • perturbation des sites de prédilection de l'avifaune (nichoirs et/ou dortoirs) • perturbation ou perte des habitats d'espèces emblématiques (hippopotames, lamantins, loutres) • perte des plaines inondables.
	1.3. Pollution des eaux	<ul style="list-style-type: none"> • altération de la qualité de l'eau liée au développement des activités agricoles
2. <i>Économique</i>	2.1. Amélioration de l'économie locale, régionale et nationale	<ul style="list-style-type: none"> • développement des activités socio-économiques génératrices de revenus aux niveaux local, régional et national (développement des activités piscicoles, cultures irriguées...).
3. <i>Socioculturelle</i>	3.1. Perturbation des modes de vie de populations locales	<ul style="list-style-type: none"> • modification des modes de vie liée à : <ul style="list-style-type: none"> ✓ perturbation des sites touristiques et/ou culturels ✓ perte des biens culturels et patrimoniaux ✓ création de nouveaux centres ou pôles d'attraction ✓ modification des systèmes de tenure et d'utilisation des terres
	3.2. Exclusion de la gestion et du développement du territoire	<ul style="list-style-type: none"> • modification des centres de prise de décision • centralisation de la prise de décision • exclusion des plus vulnérables du processus de prise de décision
	3.3. Augmentation des conflits	<ul style="list-style-type: none"> • conflits inter et intracommunautaires liés à l'accès et la répartition des ressources • conflits avec la grande faune, liés à l'occupation de l'espace
	3.4. Problèmes de santé	<ul style="list-style-type: none"> • recrudescence et/ou endémisme des maladies liées à l'eau (filariose, schistosomiases, malaria...)
4. <i>Aménagement du territoire</i>	4.1. Déstructuration de l'espace dans le bassin	<ul style="list-style-type: none"> • perte d'opportunité liée à la réaffectation des terres suite aux aménagements réalisés et modification de l'utilisation des sols

On relève une interconnexion entre la majorité des enjeux, il n'y a donc pas dissociation absolue y compris entre enjeux de catégories différentes. Par exemple, les enjeux sur la santé

publique, liés à la dimension socioculturelle, sont en corrélation avec la pollution des eaux qui relève de la dimension écologique. Cela traduit une vision transversale qu'ont les parties prenantes des effets liés aux aménagements, en raison des effets indirects et cumulatifs²⁹ induits sur l'environnement des bassins fluviaux (chapitre II).

7.3.3 Structuration des enjeux et définition des critères

Le chapitre V (section 5.5.4.6) a permis de détailler les deux procédures qui sont habituellement utilisées pour déterminer les critères et qui sont, d'une part, l'approche de structuration des enjeux en critères, et d'autre part, l'approche par la détermination des conséquences de la mise en œuvre des options. Même si nous avons opté pour l'utilisation principale de la deuxième approche, la première approche permet de dégrossir le travail en fournissant des critères génériques indépendamment des options à évaluer. Ces critères sont reformulés au chapitre VIII pour tenir compte de l'information localement disponible. Ainsi, au regard des enjeux définis et suivant une approche participative et itérative, nous avons défini 13 critères regroupés selon quatre (4) dimensions et neuf (9) catégories d'enjeux (cf. tableau 7.2).

²⁹ La notion d'effets environnementaux cumulatifs reconnaît que les effets environnementaux des diverses activités humaines peuvent se combiner et donner lieu à un jeu d'interactions pour produire des effets cumulatifs dont la nature ou l'ampleur peuvent être différentes des effets de chacune des activités considérées isolément. Et les écosystèmes ne peuvent pas toujours résister aux effets combinés des activités humaines sans subir de changement fonctionnel ou structural fondamental (Waaub et al. 2005).

Tableau 7.2 Structuration des enjeux et définitions des critères

Dimensions	Enjeux	Description	Critères	Description
1. Écologique		Vise à prendre en compte la problématique liée aux espèces fauniques et floristiques qui sont menacées par les aléas naturels exacerbés par les activités projetées dans le bassin du Niger	1.1.1. Impact sur la biodiversité ichthyologique	Prend en compte les pertes d'espèces liées à l'occupation des plaines qui concernera les espèces dépendantes des plaines pour leur reproduction et leur croissance. Cela aura des conséquences indirectes sur la faune ichthyophage (loutres, varans, oiseaux migrateurs du paléarctique, etc.
	1.1. Perte de biodiversité spécifique		1.1.2. Impact sur les espèces végétales de valeur	Prend en compte les pertes d'espèces végétales surtout, le <i>bourgou</i> qui est une espèce de haute valeur fourragère et qui est liée aux plaines inondables menacées par les AHA. Ces menaces concernent indirectement les populations d'hippopotames et de lamantins, dépendantes de la flore aquatique.
			1.2.1. Impact sur les habitats naturels	Prend en compte les pertes d'habitats naturels (plaines d'inondation) liées à l'emblavement de grandes superficies agricoles.
	1.2. Perte d'habitats naturels	Cet enjeu prend en compte spécifiquement les menaces sur les pertes ou la destruction de tout ou partie de l'écosystème fluvial. Il répond aux préoccupations des acteurs qui veulent promouvoir des activités préservant l'intégrité de l'écosystème. Plusieurs acteurs ont explicitement demandé des AHA mieux intégrés à l'environnement.	1.2.2. Réhabilitation des habitats naturels et des AHA	Prend en compte les bénéfices de l'affectation des îles localisées à l'intérieur du réservoir et la mise en valeur des zones non exploitées des

Dimensions	Enjeux	Description	Critères	Description
				anciens AHA
	1.3. Pollution des eaux	Cet enjeu est lié aux préoccupations relatives à la qualité de l'eau surtout avec l'infestation du fleuve par la jacinthe d'eau, et l'utilisation massive d'intrants chimiques au niveau des AHA qui entretiennent les adventices aquatiques par eutrophisation	1.3.1. Impacts sur la qualité physico-chimique de l'eau	Il s'agit d'apprécier l'altération chimique des eaux liée plus spécifiquement aux engrais puisque l'utilisation des pesticides n'est pas systématique et pose de ce fait moins de problème.
2. Économique	2.1. Amélioration de l'économie locale, régionale et nationale	Les aménagements prévus (emblavement des superficies agricoles et mise en réserve d'aires protégées) devraient induire des impacts positifs sur l'économie	2.1.1 Diversification et développement des activités socio-économiques 2.1.2. Création d'emplois	La diversification des activités est appréhendée à travers les possibilités de pratique de diverses spéculations : pêche, agriculture, élevage, pisciculture, éco-tourisme, artisanat... La réalisation des AHA crée des emplois agricoles permanents en plus de ceux liés au développement touristique attendu.
			2.1.3. Coût de réalisation des AHA	On prend en compte surtout le montant pour la réalisation des AHA (données disponibles).
3. Socioculturelle	3.1. Perturbation des modes de vie de populations locales	La valorisation des savoirs locaux pertinents permet de préserver les modes de vie de populations locales.	3.1.1. Impact sur les valeurs traditionnelles	Préservation et valorisation des activités traditionnelles et conservation des biens culturels et patrimoniaux (matériel et immatériel)

Dimensions	Enjeux	Description	Critères	Description
	3.2. Exclusion de la gestion et du développement du territoire	Prend en compte le souci exprimé pour la gestion et l'accès aux ressources	3.2.1. Contrôle sur les décisions	Prend en compte la participation des populations à la gestion des ressources
	3.3. Augmentation des conflits	La gestion de ressources est souvent source de conflits entre usagers d'une part et d'autre part entre ces derniers et la faune, surtout les hippopotames	3.3.1. Réduction des conflits	La mise en valeur des grandes superficies au profit d'une seule spéculation devrait induire des conflits d'occupation à l'écosystème fluvial avec surtout les hippopotames qui détruisent les culturellles
	3.4. Problèmes de santé	Problèmes de santé liés à une présence permanente d'eau	3.4.1. Recrudescence des maladies liées à l'eau	La permanence d'un volume d'eau au niveau du réservoir et les AHA entraînent l'endémisme de certaines maladies (filariose, bilharziose, schistosomias, malaria, dracunculose, etc).
	4.1. Destruction de l'espace dans le bassin	Perte d'opportunité liée à la réaffectation des terres pour la riziculture	4.1 Niveau d'occupation spatiale	Occupation de l'espace par l'option entraînant une modification de l'utilisation future et du mode de tenure des terres.
4. Aménagement du territoire				

CHAPITRE VIII

MODÈLE MULTICRITÈRE DE GESTION DE LA BIODIVERSITÉ: CAS DE LA ZONE DU PROGRAMME KANDADJI AU NIGER

Ce chapitre présente le cas à l'étude, le Programme «Kandadji» auquel s'applique le modèle d'évaluation élaboré. Ensuite sera finalisée la structuration du problème multicritère initiée au chapitre précédent. Ainsi, les enjeux et les critères génériques seront affinés pour prendre en compte les spécificités de la zone d'étude. Ce chapitre a permis l'élaboration du tableau de performance devant servir au chapitre IX, à l'évaluation comparative des options de mise en valeur du bassin versant du fleuve Niger en territoire nigérien.

8.1 Présentation de la zone du Programme «Kandadji»³⁰

Un changement important est observé depuis 1970 dans le régime du fleuve Niger qui traverse sur 550 km le pays auquel il donne son nom. L'apport annuel pour l'ensemble du bassin versant qui était de l'ordre de 30 milliards de m³, est tombé à 20 milliards de m³ durant la dernière décennie et a exceptionnellement atteint 13 milliards de m³ en 1984-1985 (Tecsult, 2006a). C'est dans ce cadre que le barrage de Kandadji est en construction sur le Niger moyen. Le site de Kandadji aux coordonnées géographiques 14°57' Nord et 0°59' Ouest se trouve à proximité du village du même nom à 187 km en amont de Niamey et à 61 km de la frontière avec le Mali (figure 8.1). Sur le territoire nigérien, ce site est sans conteste l'emplacement le mieux approprié à la construction d'un barrage. En effet, à quelques kilomètres en amont du site, le Gorouol se jette dans le Niger, ce qui produit un élargissement considérable de la vallée, et permet d'obtenir une grande capacité de la retenue. De plus, le site a l'avantage d'être situé très en amont sur le parcours nigérien du fleuve et domine toutes les terres irrigables le long de la vallée du fleuve, permettant de bénéficier d'un soutien d'étiage sur le plus long parcours.

Outre le barrage, le projet prévoit des ouvrages annexe, une centrale hydroélectrique et une ligne de transport à 132 KV, ainsi que des périmètres irrigués (HCBK, 2001 ; Tecsalt, 2006a) (voir plus de détails sous dessous à la sous-section sur l'agence des ouvrages).

³⁰ Voir Étude de faisabilité du Programme Kandadji, HCBK (2001).

Figure 8.1 Localisation de la zone du programme P/KRESMIN.
Source WWF/WAFPCO (2011).

a. Dimensions de la retenue

En tenant compte de divers paramètres et pour atteindre les objectifs assignés au barrage, un niveau maximal de 228 m, correspondant à une capacité totale de la retenue de $1,597.10^9 \text{ m}^3$, a été fixé. Ce volume permet de fournir un débit minimal de $120 \text{ m}^3/\text{s}$ avec une fiabilité satisfaisante avoisinant 98%. Elle permet en outre d'éviter l'inondation de terres situées dans les pays voisins. Le tableau 8.1 qui suit donne les principales caractéristiques de la retenue.

Tableau 8.1 Caractéristiques de base du Barrage de Kandadji

Cote maximum du barrage	231 m
Longueur en crête	8 200 m
Cote des plus hautes eaux	228 m
Volume en remblais	$4\,400\,000 \text{ m}^3$
Déblais	$1\,540\,000 \text{ m}^3$
Station hydro-électrique (turbines)	4 - 5 x 25 MW
Superficie de la retenue	189 km^2
Bassin versant	$450\,000 \text{ km}^2$
Volume total de la retenue	$1\,000\,000\,000 \text{ m}^3$

Source : HCBK, 2000.

b. Agencement des ouvrages

Pour que le barrage de Kandadji puisse atteindre les objectifs envisagés, l'ensemble du projet doit comprendre des ouvrages principaux : digue principale (barrage en terre), évacuateur de crue, centrale hydroélectrique, vidange de fond, mais aussi des ouvrages auxiliaires (passe à poissons, prise d'eau d'irrigation, possibilité de transport des pirogues).

c. Buts et Objectifs du projet

L'aménagement de Kandadji est un barrage à buts multiples. Il vise à protéger et à régénérer l'état biophysique du bassin du fleuve Niger en territoire nigérien; à sécuriser l'alimentation des populations nigériennes par la production hydro-agricole dans la vallée du fleuve Niger et

enfin à réduire la dépendance énergétique du Niger vis-à-vis de l'extérieur. À terme, il s'agit de:

- soutenir l'étiage et atténuer ainsi la dégradation de l'environnement et les nuisances créées par les basses eaux,
- assurer la pérennité de l'irrigation, satisfaire les besoins en eau de la population, du bétail et de l'industrie sur l'ensemble de la vallée et,
- envisager, selon les résultats, de produire une quantité raisonnable d'énergie électrique, considérée comme un sous-produit pour valoriser au maximum l'investissement consenti.

8.2 Synthèse des impacts du barrage de Kandadji sur la biodiversité

Tels que relevé par l'étude d'impact environnementale et sociale (ÉIES) du barrage de Kandadji réalisée par Tecsalt en 2006 (Tecsult, 2006b), ce dernier aura aussi bien des impacts positifs que des impacts négatifs. Dans le cas particulier de la biodiversité, les impacts positifs anticipés du P-KRESMIN sont les suivants :

- création d'une multitude de nouveaux biotopes et d'habitats naturels, au niveau du futur réservoir et de ses alentours, ainsi que le long de la vallée du fleuve Niger, notamment les zones humides qui seront créées de part et d'autre du fleuve par le soutien des débits d'étiage;
- pérennisation de la satisfaction des besoins en eau pour maintenir et développer la productivité et la diversité des systèmes naturels;
- préservation du potentiel de repeuplement et de la diversité ichthyologique en raison de la création d'un milieu potentiellement productif (réservoir) et de la régulation qui maintiendra les habitats de reproduction à l'aval;
- régénération de l'écosystème fluvial et préservation de sa productivité à long terme;
- augmentation du taux d'humidité des sols et de leur fertilité naturelle suite à la création d'une nouvelle retenue d'eau, recharge des nappes et maintien d'un débit minimum de 120 m³/s dans le fleuve, ce qui est de nature à favoriser la régénération de la végétation naturelle et réduirait en conséquence l'érosion des sols et l'avancée de la désertification;
- changement dans la composition des espèces animales et végétales, d'abord par la sauvegarde des espèces menacées de disparition et ensuite par l'apparition croissante de nouvelles espèces;
- développement de l'irrigation qui, si elle est basée sur des principes agroécologiques, sera susceptible de conserver et d'accroître la diversité biologique dans les exploitations agricoles;
- garantie des disponibilités fourragères qui contribueront à la réduction de la dégradation progressive des ressources naturelles par le surpâturage des troupeaux et la coupe du bois;

- création au niveau du futur réservoir d'une nouvelle zone d'attractivité pour certaines populations d'oiseaux migrateurs.

Toujours selon Tecsalt (2006b), le P-KRESMIN aura les impacts négatifs suivant sur la biodiversité:

- la perte d'habitats pour la faune, dont la perte d'une zone importante pour la conservation des oiseaux suite à la création du réservoir;
- la perturbation de l'écologie des poissons suite à la création du réservoir;
- la disparition ou la modification importante de la diversité des espèces végétales résultat de la présence du réservoir et de sa gestion.

Ces impacts négatifs même moins nombreux ne sont pas nécessairement contrebalancés par les impacts positifs. En effet, la perte d'un habitat par exemple est difficile à compenser par la création d'un habitat artificiel même plus grand, tant chaque milieu biologique a des spécificités qui sont difficiles à reproduire.

8.3 Processus d'identification des options

De trois (3) options identifiées pour stimuler les discussions avec les parties prenantes, au chapitre VI (section 6.2.1), celle qui porte sur 31000 ha de cultures irriguées a eu la faveur de la majorité des acteurs concertés à l'étape terrain. Elle prend partiellement en compte les objectifs de développement et les préoccupations des acteurs. Elle permet d'augmenter substantiellement les superficies irriguées tout en favorisant la préservation et la valorisation de la biodiversité en épargnant des portions vouées à création d'aires de conservation mais aussi de promotion et de développement d'activités socio-économiques et éco-touristiques. Elle constitue une valeur seuil au-delà de laquelle les perturbations sur les milieux biophysique et humain augmentent considérablement.

Au cours des études qui ont suivi l'étude d'impacts environnementale et sociale (ÉIES), notamment le "plan de développement local" et le "plan d'action de réinstallation du P-KRESMIN", les différents intervenants au Programme «Kandadji» ont préconisé de faire passer les superficies de cultures irriguées de 31 000 ha à 45 000 ha tout en prenant des "mesures appropriées" de conservation de la biodiversité. La création d'une aire protégée sur la superficie totale du réservoir qui est d'environ 28 435 ha dont 235 ha d'îlots insulaires exondés y compris la presque île (182 ha) localisée à la confluence du Gorouol et du fleuve

Niger (cf. 1.7), a été maintenue. Après concertation des populations riveraines, il a été convenu de consacrer toute la presque île à la conservation des espèces et des habitats naturels de la zone d'influence du barrage de Kandadji. L'accent sera mis sur la préservation des espèces migratrices et la sauvegarde des espèces intégralement protégées (hippopotames, lamantins, loutres, etc.) ainsi que le développement des activités éco-touristiques. Il ne semble pas y avoir de discussions par rapport aux modes de gestion de l'aire protégée, c'est pourquoi cet aspect est abordé à la sous-section 8.3.1.

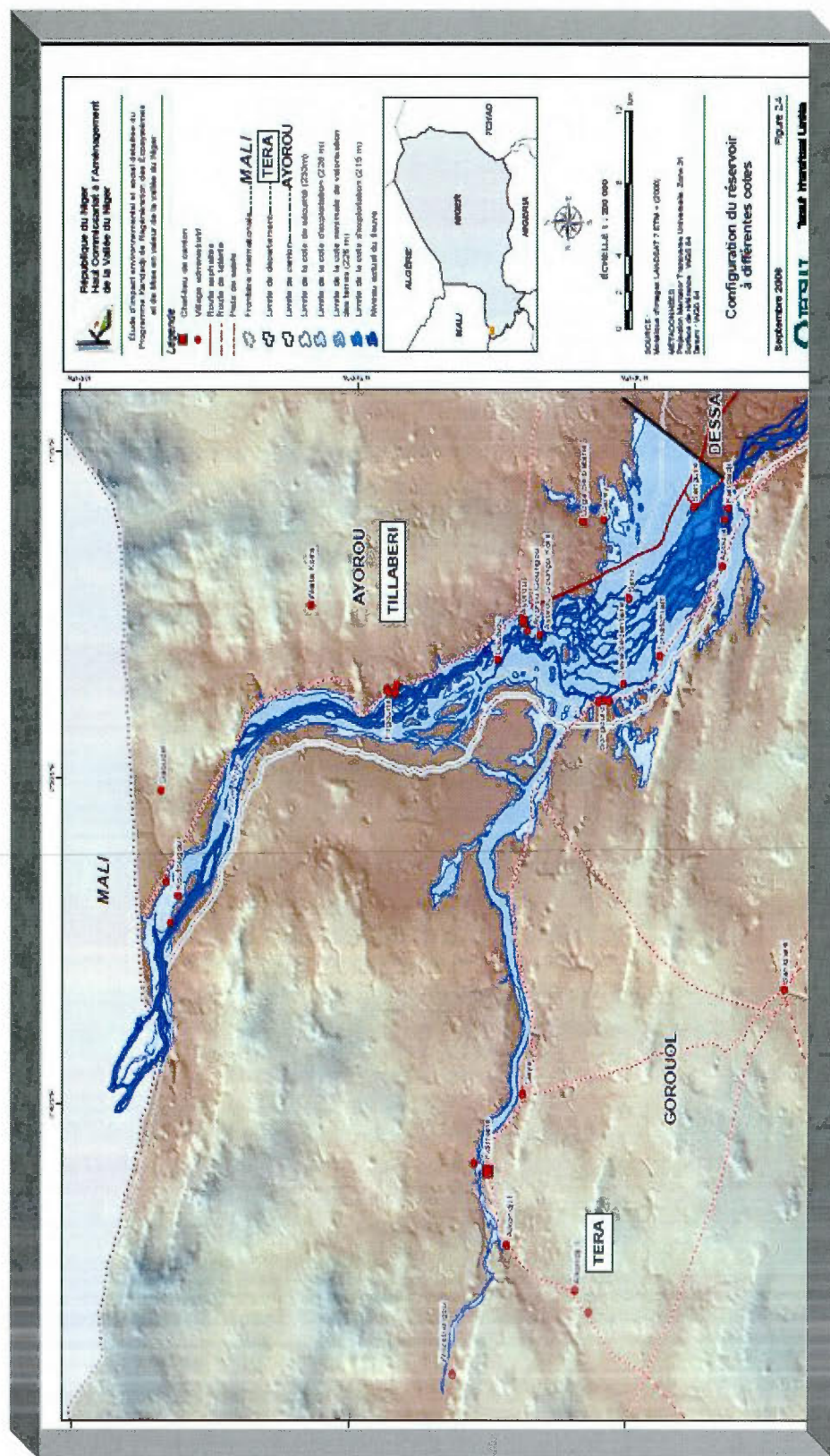


Figure 8.2 Configuration du réservoir du barrage de Kandadi.
Source Tecslut (2006a).

8.3.1 Cadre conceptuel de conservation de la biodiversité

Le chapitre IV (section 4.1 et 4.5) présente "les conditions gagnantes" pour une meilleure conservation de la biodiversité. Il ressort que la conservation concilie protection et valorisation des ressources de la biodiversité. Dans cet esprit, et en tenant compte des préoccupations soulevées par les parties prenantes et des enjeux liés à la conservation des écosystèmes et de toutes les ressources de la biodiversité des bassins fluviaux, il importe d'inscrire toutes les actions dans le cadre d'une approche écosystémique³¹. L'approche par écosystème est définie comme une stratégie de gestion intégrée des ressources biophysiques, qui favorise la conservation et l'utilisation durable d'une manière équitable (UNESCO, 2000; S/CDB, 2004, p. 6). Elle est ainsi largement utilisée dans tous les plans d'action touchant les grands écosystèmes fluviaux et lacustres canadiens (Burton, 2001). De l'avis de cet auteur, l'approche reconnaît le rôle de la culture, des valeurs et des systèmes socio-économiques dans les questions de gestion de l'environnement et des ressources. Elle donne la possibilité d'inscrire, enfin, la conservation de la biodiversité dans les processus décisionnels aux niveaux local, national et international, dans les secteurs social, économique et environnemental (Masundire, 2003). L'approche par écosystème est un cadre plus large pour planifier et développer la conservation et l'aménagement des terres et des eaux de façon intégrée. Cette approche qui tient compte des principes d'aménagements écologiques dans la hiérarchisation des usages (Lajoie, 1999) fait malheureusement rarement partie intégrante des politiques et des législations nationales (Noupa, 2008).

Les aires protégées sont des outils importants, peut-être les plus importants de tous (Dudley, 2008) pour la mise en œuvre de l'approche par écosystème. Selon UNESCO (2000) et UICN (2004), une aire protégée est: «un espace géographique clairement défini, reconnu, consacré et géré, par tout moyen efficace, juridique ou autre, afin d'assurer à long terme la conservation de la nature ainsi que les services écosystémiques et les valeurs culturelles qui lui sont associés». Cette définition implique un ensemble d'objectifs communs pour les aires

³¹ L'application d'une telle approche aidera à assurer l'équilibre entre les trois objectifs de la Convention sur la biodiversité. À sa deuxième réunion, la Conférence des Parties a affirmé que l'approche par écosystème était le principal cadre d'action au titre de la Convention (décision II/8). À sa cinquième réunion, la Conférence des Parties a approuvé la description de l'approche par écosystème et les directives opérationnelles et recommandé l'application des principes et d'autres directives concernant l'approche par écosystème. À sa septième réunion, la Conférence des Parties a reconnu qu'il importait à l'heure actuelle de faciliter la mise en œuvre de l'approche par écosystème.

protégées; les catégories, elles, définissent des différences dans les approches de gestion (cf. tableau de l'annexe 9). Les aires protégées visent entre autres objectifs à conserver la composition, la structure, la fonction et le potentiel évolutif de la biodiversité; à préserver la biodiversité du paysage ou de l'habitat ainsi que les espèces et les écosystèmes à travers un mode de gouvernance clair et équitable (Dudley, 2008). Selon le même auteur, les aires protégées doivent aussi lorsque cela est approprié³², fournir des services écosystémiques régulateurs, y compris l'effet tampon contre les impacts des changements climatiques; distribuer aux communautés locales et résidentes des bénéfices en accord avec les autres objectifs de la gestion ; offrir des avantages récréatifs dans le respect des autres objectifs de la gestion et aussi aider à gagner l'adhésion générale à la protection. Aussi, avec plus de 13 % des terres émergées occupés par ces espaces de conservation et une progression constante, les critères qui déterminent les choix de localisation de ces espaces sont cruciaux (Milian et Rodary, 2010) et doivent être définis par les parties prenantes.

8.3.2 Cadre conceptuel de définition des options

Au cours des séances de concertation, deux visions ont émergé pour la définition des options d'aménagement :

- une première vision qui prône une haute intensité agricole par la maximisation des superficies irriguées tout en resserrant les possibilités d'utilisation des autres ressources de la biodiversité par l'instauration d'une gouvernance d'autorité³³
- une seconde vision qui prône une intensité agricole moyenne couplée à une valorisation durable des ressources de la biodiversité et une plus grande dévolution des pouvoirs aux acteurs locaux.

³² Cette distinction est faite parce que toutes les aires protégées n'offrent pas une géologie intéressante, des services écosystémiques ou des opportunités pour les moyens de subsistance locaux, etc. de sorte que ces objectifs ne sont pas universels, mais qu'ils sont appropriés le cas échéant.

³³ *L'ancien modèle de décision des politiques et projets publics, décrit notamment par Callon (1998), sous le nom de « Modèle de l'instruction publique », organise le processus décisionnel autour de l'État qui est garant de l'intérêt général et qui constitue la seule instance légitime de production des normes. Nous avons qualifié cet ancien modèle de « gouvernance d'autorité » (Froger, 2001, citée par Froger et Oberti, 2002).*

Il se dégage ainsi un cadre conceptuel de détermination des options, intégrant deux paramètres à savoir les superficies aménagées et le mode de gouvernance déterminé par le type d'aire protégée mis en place (figure 8.3).

Sur la base des exigences et des objectifs fixés et en tenant compte des caractéristiques du milieu d'implantation, les catégories Ia (Réserve naturelle intégrale) et VI (Aire protégée avec utilisation durable des ressources naturelles) ont été retenues comme formules possibles pour l'aire protégée. Il est à remarquer que les noms de ces deux catégories ont été choisis pour décrire, plus ou moins précisément, le principal objectif de leurs gestions (Dudley, 2008). Aussi, en cohérence avec la vision des acteurs, la réserve naturelle intégrale est instaurée uniquement en maximisant les superficies emblavées (option 1).

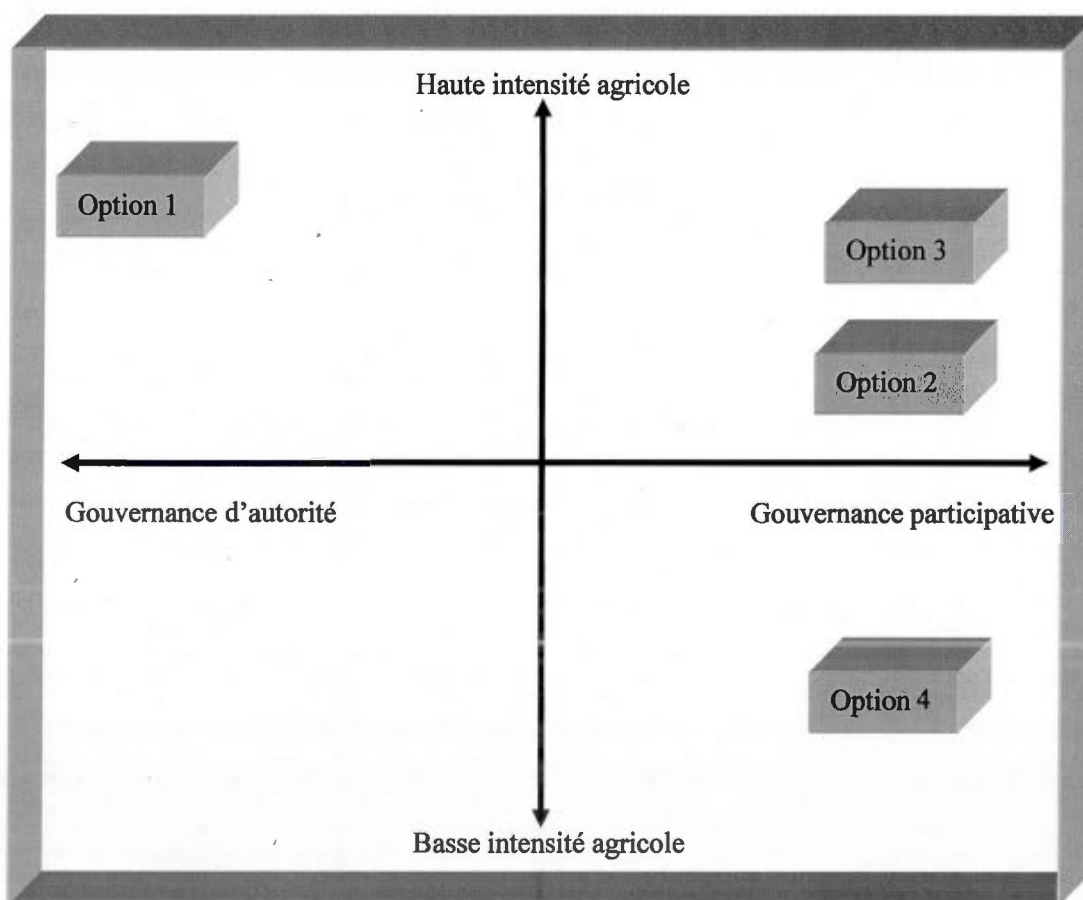


Figure 8.3 Cadre conceptuel de définition des options.

Source inspirée de Waaub et *al.* (2005)

En intégrant les variables "type d'aires protégées" et "superficies des AHA actuellement inexploités", deux autres variantes aux options préliminaires ont été identifiées.

Quelques 9 436 ha d'AHA sont disponibles au Niger, mais seulement 8 275 sont exploités (MDA (2008) (voir tableau 1.2 au chapitre I). Ainsi, 1 188 ha sont actuellement inexploités du fait des problèmes d'eau pour assurer une irrigation adéquate. La réalisation du barrage permettant d'assurer un débit suffisant en tout temps, l'aménagement de 43 812 ha permettra de disposer de 45 000 ha à la fin du Programme «Kandadji», tandis qu'en aménageant 29.812 ha, un total de 31 000 ha seront disponibles à la fin du programme. Cela fait un total de quatre (4) options consignées dans le tableau 8.2 ci-dessous. Pour plus de lisibilité sur "les sorties" du modèle, des codes alphanumériques sont associés aux options. Les deux premiers chiffres indiquent la superficie en millier d'ha, la lettre et le chiffre qui suivent désignent le type d'aire protégée ainsi que le numéro de classification de l'UICN adoptée par Dudley (2008).

Tableau 8.2 Caractéristiques des options

Options	Superficies (ha)	Type d'aires protégées	Code	Types de composantes du milieu touché
1	45 000	Ia	45T1	Exploitation d'un maximum de terres irriguées
2	31 000	VI	31T6	Épargner au maximum les habitats sensibles comme les plaines inondables
3	43 812	VI	43T6	Exploitation d'un maximum de terres irriguées et réhabilitation des AHA abandonnés
4	29 812	VI	29T6	Épargner au maximum les habitats sensibles et réhabilitation des AHA abandonnés

Les composantes du milieu associées aux superficies emblavées permettent en plus du type d'aire protégée de déterminer la sensibilité du milieu qui module l'importance des effets des aménagements proposées (voir section 8.6).

Sur les 9 463 ha d'AHA réalisés au Niger, 9 106 ha portent sur des zones de cuvettes, qui sont des milieux plus productifs sur le plan biologique que les 357 ha de zones de terrasses.

Si la même tendance est maintenue, l'exploitation d'un maximum de terre se traduit par des perturbations physiques de ces milieux plus sensibles.

Les options retenues sont réalistes dans l'ensemble mais non réelles puisque l'ensemble du processus n'est pas une "commande" d'un décideur bien identifié. Elles n'ont pas été endossées par le Haut-Commissariat à l'Aménagement de la Vallée du Niger et ne seront donc pas nécessairement mises en œuvre. L'exercice sert donc uniquement aux fins de la présente simulation.

8.4 Formulation des critères d'évaluation des options

Nous avons souligné au chapitre V (section 5.5.4.6) qu'une famille de critères doit respecter les exigences de cohérence, d'exhaustivité et de non redondance. Elle doit cependant être opérationnelle et réduite au plus petit nombre possible. En fait, en aide à la décision, le nombre de critères varie de 7 à 12 dans un problème bien structuré et parfois un peu plus pour les problèmes complexes (Martel et Rousseau, 1993). Aussi, nous avons revu la liste initiale de critères en faisant une analyse de redondance sur la base de la définition des indicateurs; cela a permis de regrouper certains critères jugés pertinents pour évaluer les conséquences des options conformément à l'approche méthodologique de définition des critères retenus. C'est ainsi que les 13 critères (voir tableau 7.2) ont été agrégés finalement en 9 critères de la manière suivante :

- La *réduction de la biodiversité ichtyologique* et la *diminution des espèces végétales de valeur* sont fortement corrélées et peuvent être prises en compte par *L'impact sur la biodiversité spécifique*;
- La *préservation de l'écosystème fluvial* et *réhabilitation des habitats* traduisent plus ou moins le même paramètre lié à l'habitat naturel, mais le premier qui est à maximiser ne permet pas de discriminer les options pour lesquelles on anticipe plutôt des effets négatifs. Aussi, le critère *impact sur les habitats naturels* est retenu;
- *L'impact sur la qualité physico-chimique* de l'eau est traduit en *impact sur la qualité de l'eau*. Il fait spécifiquement référence à la qualité chimique qui a plus de liens avec l'intensification agricole;
- La *diversification des activités économiques*, remplace *diversification et développement des activités socio-économiques* puisque la dimension sociale liée au développement est prise en compte au niveau des critères socioculturels;
- Les *retombées économiques* évaluées par les prix de la production agricole remplacent le *coût de réalisation* qui est plutôt un critère à minimiser puisque les travaux sont réalisés grâce à des prêts;

- Le *contrôle sur les décisions* est supprimé puisqu'en plus d'être difficile à évaluer, il est en partie appréhendé par le *maintien de valeurs traditionnelles*. En effet, on peut estimer qu'une option qui préserve les valeurs traditionnelles, offre plus de perspectives de participation et donc de contrôle sur les décisions;
- La *réduction des conflits hommes/hippopotames* a été supprimée au profit de l'impact sur les conflits qui est permet d'appréhender tous les types de conflits, y compris les conflits communautaires dans le cadre de la mise en valeur du Bassin du Niger;
- La *recrudescence des maladies liées à l'eau* a été supprimée car elle est dans une certaine mesure proportionnelle à l'ampleur des aménagements prise en compte à travers l'occupation spatiale;
- *L'amplitude de l'occupation spatiale* sera par la désignée comme étant l'*occupation spatiale*.

Les critères retenus sont regroupés comme lors de l'identification préliminaire en quatre (4) dimensions. Pour plus de lisibilité des graphiques à la phase d'analyse, nous utiliserons une codification en 4 lettres pour représenter les dimensions; les critères sont représentés par trois (3) lettres qui rappellent autant que possible le nom du critère.

- Écologique (Écol.)
 - C1. Impact la biodiversité spécifique (Bsp)
 - C2 : Impact sur les habitats naturels (Hab)
 - C3 : Impact sur la qualité de l'eau (Eau)
- Économique (Écon)
 - C4 : Diversification des activités économiques (Act)
 - C5 : Création d'emplois (Emp)
 - C6 : Retombées économiques (Rec)
- Socioculturelle (Soci)
 - C7 : Impact sur les valeurs traditionnelles (Vat)
 - C8 : Impact sur les conflits (Con)
- Aménagement du territoire (Amén)
 - C9 : Occupation spatiale (Spa)

8.5 Grille d'analyse multicritère pour le rangement des options

Après avoir défini les enjeux qui ont servi à la formulation des critères, les méthodes PROMETHEE et GAIA, nécessitent la définition d'indicateurs d'impacts auxquels sont associés des échelles de mesure. L'ensemble forme une grille d'analyse révisée constituée de sept (7) enjeux auxquels sont associés neuf (9) critères et autant d'indicateurs (tableau 8.3).

Tableau 8.3 Grille d'analyse multicritère des options

Dimensions	Enjeux	Critères	Indicateurs	Échelle
1. Écologique	1.1. Perte de biodiversité spécifique	1.1.1 Impact sur la biodiversité spécifique (à minimiser)	Niveau d'impact sur les espèces	Très fort; Fort Moyen; Faible Très faible
	1.2. Perte d'habitats naturels	1.2.1. Impact sur les habitats naturels (minimiser)	Niveau d'impact sur les habitats	Très fort; Fort Moyen; Faible Très faible
	1.3. Pollution des eaux	1.3.1 Impact sur la qualité de l'eau (à minimiser)	Quantité d'engrais consommés	Numérique
2. Économique	2.1. Amélioration de l'économie locale, régionale et nationale	2.1. 1. Diversification des activités économiques (à maximiser)	Niveau d'impact sur les activités économiques	Très fort; Fort Moyen; Faible Très faible
		2.1.2. Création d'emplois (à maximiser)	Nombre d'emplois locaux créés	Numérique
		2.1.3. Retombées économiques (à maximiser)	Revenus tirés de la vente du riz	Numérique
3. Socioculturelle	3.1. Perturbation des modes de vie de populations locales	3.1.1. Impact sur les valeurs traditionnelles (à minimiser)	Niveau d'impacts sur les valeurs traditionnelles	Très fort; Fort Moyen; Faible Très faible
	3.2. Augmentation des Conflits	3.2.1. Impacts sur les conflits (à minimiser)	Niveau d'impact sur les conflits	Très fort; Fort Moyen; Faible Très faible
4. Aménagement du territoire	4.1. Dérégulation de l'espace dans le bassin	4.1.1. Occupation spatiale (à minimiser)	Superficie des AHA	Numérique

Chaque indicateur d'impact est défini sur la base d'un d'indicateur d'effet modulé par la sensibilité (voir section 8.6). Il s'agit donc de porter un jugement de valeur sur une option considérée au regard d'un critère particulier. L'évaluation des critères entraîne l'introduction d'une part non négligeable d'arbitraire obligeant l'articulation de points de vue conflictuels qui ne peut être obtenue que dans le cadre d'une démarche participative (Froger et Oberti, 2002). L'approche PROMETHÉE-GAIA offre ce cadre participatif en plus de permettre d'utiliser à la fois des échelles cardinales et des échelles ordinales (voir Chapitre V, section 5.5).

L'échelle ordinale est caractérisée par le fait que les valeurs qui y sont représentées ne peuvent être reliées que par les relations "plus petit que ($<$)", "plus grand que ($>$)" et "égal à ($=$)". L'échelle cardinale est caractérisée par le fait que les valeurs qui peuvent y être représentées sont reliées par les quatre opérations arithmétique de base "(+, -, \times , \div)" (Maystre et al. 1994).

Le choix des échelles est lié essentiellement à la fiabilité des données disponibles. Dans la mesure du possible, des données numériques (échelle cardinale) ont été utilisées pour chiffrer la performance des options. Dans le cas contraire, nous avons utilisé une échelle ordinale qui paradoxalement était par moments mieux appréhendée par les acteurs. Pour toutes les échelles ordinales, le parti a été pris de retenir cinq (5) échelons, c'est-à-dire quatre (4) classes d'intervalles (tableau 8.4) pour pouvoir disposer de niveaux suffisamment détaillées pour appréhender le cas spécifique de chaque option et marquer des degrés de préférence ou de différence supplémentaire et aussi éviter le problème d'effet de bord (voir section 6.2.4) lié à un nombre trop limité d'intervalles d'une échelle donnée. L'échelle ordinale va de *Très fort* à *Très faible*, où *Très fort* correspond à une bonne performance dans le cas d'un critère à maximiser mais correspond à une mauvaise performance dans le cas d'un critère à minimiser et *Très faible* correspond à une bonne performance dans le cas d'un critère à minimiser mais au contraire correspond à une mauvaise performance dans le cas d'un critère à maximiser. Pour l'intégration d'une échelle ordinale au logiciel de traitement D-Sight, un codage numérique des expressions verbales (tableau 8.4) ainsi qu'un sens de préférence ont été adoptés.

Tableau 8.4 Échelle arithmétique adoptée pour les échelles ordinales

Évaluation verbale	Évaluation chiffrée
Très forte	5
Forte	4
Moyenne	3
faible	2
Très faible	1

L'utilisation d'échelles (ordinales et cardinales) et d'unités de mesure différentes n'affecte pas les résultats puisque les méthodes de surclassement de synthèse sont basées sur la différence entre l'évaluation de deux actions. Pour conforter les évaluations, chaque critère a nécessité plusieurs évaluateurs en plus d'informations tirées de la revue de littérature. Cependant, la synthèse multicritère a été réalisée par l'homme d'étude à partir du logiciel D-Sight et cela conformément à la pratique (Froger et Oberti, 2002).

8.6 Évaluation des options sur les critères

L'évaluation est constituée de deux étapes distinctes que sont celles de la mesure des effets et de l'évaluation de l'impact. L'effet décrit un événement qui est la conséquence directe d'une action (ex. déboisement de $X \text{ m}^2$). L'impact est la transposition subjective de cet événement sur une échelle de valeurs; il est le résultat d'une comparaison entre un état de référence et un état de l'action envisagée (Simos 1991). Ainsi défini, il faut bien une information supplémentaire pour déterminer un impact à partir de l'effet. Mais dans bien des cas, dans le cadre d'une évaluation environnementale stratégique, on se contentera des effets des options en étude surtout dans le cas d'une évaluation faite sans énoncé préalable de PPP où les données sont souvent peu précises ou même simplement non disponibles.

Le modèle générique d'évaluation utilisé est adapté de celui développé par Waaub et al. (2005) pour le *"Projet pilote de réalisation d'une évaluation environnementale stratégique territoriale par les Atikamekw"* et inspiré de celui développé par Ladouceur (2003) pour son mémoire de maîtrise sur l'*"Intégration de l'aménagement du territoire au processus d'évaluation environnementale stratégique: une application au secteur de l'énergie en Guinée"*

Maritime". Ces thématiques cadrent parfaitement avec celle de la présente thèse qui se situe aussi à un niveau stratégique pour l'exploitation des ressources avec une forte dimension territoriale. Le modèle a inspiré d'ailleurs avec succès d'autres applications en Afrique de l'Ouest (voir Kourouma, 2005 ainsi que Samoura, 2011).

Pour les indicateurs mesurés par une échelle cardinale, l'impact d'une option "i" selon le critère "j" est donné par l'expression suivante de la formule 8.1 :

$$I_{(ij)} = \sum_{P=1}^{p(i)} \sum_{X=1}^{x(j)} E_{(P;X)} \times S_{Xj}$$

Formule 8.1 Équation de détermination d'un indicateur composite.

Où $I_{(ij)}$ est l'impact du scénario i selon l'indicateur j;
 i est le scénario;
 j est l'indicateur;
 P est le projet constitutif du scénario i, variant de 1 à p (i)
 X est le milieu sur lequel est évalué l'impact, variant de 1 à x(j), et fonction de l'indicateur j;
 $E_{(P;X)}$ est l'effet (la mesure de l'indicateur j) du projet P sur le milieu X (dans le scénario i);
 S_{Xj} est la sensibilité du milieu X, variant de 0 à 1, selon l'indicateur j.

Dans le cadre de cette recherche, tous les indicateurs sont calculés à partir d'un seul paramètre pour des raisons qui seront explicitées au cas par cas. De ce fait, P est toujours égal à 1. Ce qui simplifie la formule qui devient :

$$I_{(ij)} = \sum_{X=1}^{X(j)} E_{(P;X)} \times S_{Xj}$$

Formule 8.2 Équation de détermination d'un indicateur simple.

La définition des échelles ordinales appliquées aux critères de nature qualitative est quelque peu subjective et aussi plus complexe car peut nécessiter l'agrégation de plusieurs sous-critères à partir de paramètres différents. Par exemple, les pollutions liées à l'emploi des intrants chimiques agricoles créent des effets synergiques difficiles à quantifier parce qu'on peut difficilement établir une relation claire de cause à effet (ou dose et réponse).

Pour les indicateurs d'impact mesurés par une échelle ordinale, l'importance de l'impact est fonction de la valeur de la composante mais, aussi de l'intensité, de la durée et de l'étendue de l'effet. Ces différents paramètres sont déterminés à partir des tableaux 8.5, 8.6 et 8.7.

La valeur environnementale est fonction de la valeur intrinsèque que lui attribuent les spécialistes ainsi que la valeur attribuée par le public (tableau 8.5). Dans cette recherche, le parti a été pris de considérer uniquement les composantes à forte valeur et la grille du tableau 8.6 tient compte de ce postulat.

Tableau 8.5 Grille de détermination de la valeur environnementale

		Valeur attribuée par les spécialistes		
		Forte	Moyenne	Faible
Valeur attribuée par les parties prenantes	Forte	Forte	Forte	Moyenne
	Moyenne	Forte	Moyenne	Faible
	faible	Moyenne	Faible	Faible

Source : adapté d'HQ (1990).

L'Intensité est fonction de l'ampleur des modifications sur la composante du milieu touchée par une activité. Elle est dans une certaine mesure relative à la sensibilité de cette composante. Elle peut être, *très forte, forte, moyenne, ou faible*. Les consultations ont relevé qu'au-delà de 31 000 ha de superficies correspondant à une moyenne annuelle de 1 000 ha par an les aménagements engendrent plus de modifications sur les composantes des milieux biophysique et humain. Pour chaque critère, l'intensité est déterminée en fonction du problème à l'étude et non pas de façon absolue. De ce fait, pour certains critères, l'intensité de la perturbation peut être surpondérée après chaque 1 000 ha supplémentaire. Généralement, lorsque les superficies ne dépassent pas 31 000 ha, l'intensité varie seulement pour des différences de plus de 1 500 ha. En pratique, on peut avoir une intensité très forte et forte pour respectivement 45 000 ha et 44 000 ha mais, on a la même intensité pour 31 000 et 30 000 ha.

La durée, peut s'échelonner sur quelques jours, semaines ou mois, elle doit être associée à la notion de réversibilité (impact temporaire) correspondant à une durée moyenne ou courte. Elle peut aussi revêtir un caractère d'irréversibilité (permanent) et est dans ce cas observée de manière définitive ou à long terme. Ce paramètre est fixé de façon absolue pour tous les critères. Les travaux d'aménagement devront s'étaler sur 30 ans en raison de 1000 ha par an (pour 31 000 ha) ou de 1 500 ha par an (45 000). Aussi, les impacts qui durent pendant la durée des travaux sont considérées comme ayant une longue durée. La durée est moyenne lorsque l'effet dure au moins pendant le tiers du temps des travaux sans dépasser le deux tiers. La durée de l'effet est courte en deçà du tiers du temps des travaux.

L'étendue correspond à l'ampleur de la modification spatiale ou quantitative de la composante affectée. Elle est régionale si elle concerne l'ensemble du Niger moyen. Elle est locale lorsqu'elle affecte la moitié du sous bassin ou à tout le moins reste en deçà du seuil de 31 000 ha. L'étendue est considérée comme ponctuelle lorsqu'elle affecte seulement une petite portion du bassin et n'est ressenti que par un faible nombre des personnes.

Tableau 8.6 Grille de détermination de l'effet sur l'environnement

Valeur de la composante	Intensité	Durée	Étendue	Importance de l'effet
Forte	Très forte	Longue	Régionale	Très forte
			Locale	Très forte
			Ponctuelle	Très forte
		Moyenne	Régionale	Très forte
			locale	Très forte
			Ponctuelle	Forte
		Courte	Régionale	Forte
			Locale	Forte
			Ponctuelle	Forte
	Forte	Longue	Régionale	Très forte
			Locale	Forte
			Ponctuelle	Forte
		Moyenne	Régionale	Forte
			Locale	Forte
			Ponctuelle	Moyenne
		Courte	Régionale	Forte
			Locale	Moyenne
			Ponctuelle	Moyenne
	Moyenne	Longue	Régionale	Forte
			Locale	Moyenne
			Ponctuelle	Moyenne
		Moyenne	Régionale	Moyenne
			Locale	Moyenne
			Ponctuelle	Faible
		Courte	Régionale	Moyenne
			Locale	Moyenne
			Ponctuelle	Faible
	Faible	Longue	Régionale	Moyenne
			Locale	Faible
			Ponctuelle	Très faible
		Moyenne	Régionale	Moyenne
			Locale	Faible
			Ponctuelle	Faible
		Courte	Régionale	Faible
			Locale	Très faible
			Ponctuelle	Très faible

Source : adapté de Fecteau (1997).

Dans ce cas :

- *un effet très fort engendre* des modifications très importantes d'une composante par la destruction ou l'altération de plusieurs populations ou de plusieurs habitats d'espèces données;
- *un effet fort entraine* des modifications très importantes d'une composante par la destruction ou l'altération d'une population entière ou de l'habitat d'une espèce donnée;
- *un effet moyen* qui engendre des perturbations tangibles sur l'utilisation d'une composante ou de ses caractéristiques, mais pas de manière à les réduire complètement et irréversiblement;
- *un effet faible* ne provoque que de faibles modifications à la composante visée, ne remettant pas en cause son utilisation ou ses caractéristiques ;
- *un effet très faible* ne provoque presque aucune modification sur les composantes du milieu.

L'importance de l'impact est déterminée à partir de l'importance de l'effet d'un seul paramètre modulée par la sensibilité du milieu (tableau 8.7). Dans tous les cas et cela est valable pour les critères quantitatifs, plus souvent qu'autrement, l'usage des indicateurs composites n'apporte pas nécessairement des informations pertinentes mais alourdit inutilement le processus. En effet, en évaluation environnementale stratégique, on peut s'accommoder d'informations même fragmentaires qui seront reprécisées à l'étape de projet. On n'a donc pas nécessairement besoin de savoir les quantités d'azote, de phosphore et de potassium, libérées par chaque option puisque ces paramètres sont corrélés, il suffit de savoir les quantités d'engrais utilisées par option.

La sensibilité du milieu détermine un degré de perturbation (impact négatif) ou d'amélioration (impact positif) du milieu en fonction des interventions proposées. Elle dépend donc des facteurs aggravants et ou des conditions du milieu. Le degré de modification tient compte de la situation actuelle (qui peut présenter des facteurs aggravants) et projetée, ce qui intègre les effets cumulatifs, synergiques ou différés. La sensibilité est donc justifiée

selon chaque critère puisqu'elle est déterminée de façon relative en fonction de la problématique analysée.

Tableau 8.7 Grille de détermination d'impact à échelle ordinale

Importance de l'effet	Sensibilité du milieu				
	Très forte	Forte	Moyenne	Faible	Très faible
Très forte	Très forte	Forte	Moyenne	Moyenne	Moyenne
Forte	Forte	Forte	Moyenne	Moyenne	Faible
Moyenne	Forte	Moyenne	Moyenne	Faible	Faible
Faible	Forte	Moyenne	Faible	Très faible	Très faible
Très faible	Moyenne	Faible	Faible	Très faible	Très faible

Source adapté d'HQ (1990).

À noter que la combinaison d'une sensibilité faible avec un effet faible aurait pu être qualifiée de faible au lieu de *très faible*. Il s'agit donc d'un biais relativement négligeable qui sous-estime quelque peu l'impact pour tenir compte du lien entre l'intensité d'une activité et la sensibilité de la composante affectée.

Les évaluations des critères qualitatifs et quantitatifs sont basées sur les sources documentaires, les entretiens et les *focus group* ainsi que sur les observations de terrain. Ces outils ont permis d'avoir une bonne connaissance de l'état du bassin, sur les sources d'impacts de chaque option à partir des enseignements concernant les modifications entraînées par des installations similaires dans la sous-région.

Le résultat du processus d'évaluation a permis de finaliser la matrice de performance (tableau d'évaluation) qui a servi à faire une simulation (chapitre IX) pour classer les options d'aménagement selon leurs performances pour une bonne gestion de la biodiversité.

8.6.1 Impact sur la biodiversité spécifique (Bsp)

Ce critère est rattaché plus spécifiquement à l'enjeu *perte de biodiversité spécifique*, mais plus généralement, il donne de bonnes indications par rapport à divers autres enjeux dont

ceux portant sur les habitats naturels et la pollution de l'eau. En effet, comme relevé au chapitre III, la modification des habitats et les diverses formes de pollutions portent atteinte aux espèces. C'est un critère à minimiser qui est mesuré par un indicateur qualitatif associé à une échelle ordinale.

L'impact sur la biodiversité spécifique (Bsp) permet de mesurer la pression des AHA sur les diverses espèces fauniques et floristiques de la zone d'étude. Le "plan de gestion de la vie sauvage et des habitats naturels" réalisé en 2011 WWF/WAFPCO (2011) pour le compte du HCAVN a mis en exergue la richesse floristique et faunique de la zone de Kandadji. Sur 230 espèces végétales répertoriées dans la zone d'influence du barrage, l'analyse factorielle des correspondances met en évidence cinq (5) grands groupes de végétation (figure 8.4). Il s'agit de (A) végétation des bourgoutières; (B) végétation des mares du Liptako; (C) végétation des mares du lit majeur du fleuve; (D) végétation de terre ferme des îles/galerie forestière; (E) végétation semi-aquatique des berges du fleuve et (F) steppes arbustive et buissonnante. De même, plusieurs espèces fauniques ont été recensées (voir figure 8-5). Ce sont le lamantin (*Trichechus senegalensis*), la grue couronnée (*Balearica pavonina*), le crocodile du Nil (*Crocodylus niloticus*), l'hippopotame (*Hippopotamus amphibus*), la loutre à cou tacheté (*Lutra maculicollis*) ou à joue blanche (*Aonyx capensis*). Parmi les espèces fauniques, les poissons en particulier, sont au cœur de la vie des communautés; leur commercialisation est à la base d'une activité économique très importante. La pêche est pratiquée principalement dans les zones inondables du fleuve. Elle est l'activité principale et souvent exclusive des hommes, et s'effectue durant toute l'année. Les femmes sont par contre chargées de la préparation et de la commercialisation des produits de la pêche.

Les enquêtes de terrain ont, par ailleurs, relevé la problématique particulière de certains mammifères aquatiques et semi aquatiques comme les lamantins d'Afrique (*Trichechus senegalensis*) et les hippopotames communs (*Hippopotamus amphibus*). Ces derniers en particulier connaissent un taux de mortalité lié au manque de nourriture, notamment le bourgou (*Echinochloa Stagnina*). Pourtant cette espèce à haute valeur fourragère offre, selon Dulien (1989), des productions considérables, soit environ 30 t de matière sèche à l'ha. Malheureusement, il y a de moins en moins de superficies disponibles pour la production de bourgou. Ainsi, entre mai et juin 2009, quatre hippopotames ont succombé à la faim. Ces

mois correspondent à l'été du Niger moyen, période de non disponibilité des pâturages avec en plus une concurrence liée à la descente des animaux domestiques dans la vallée.

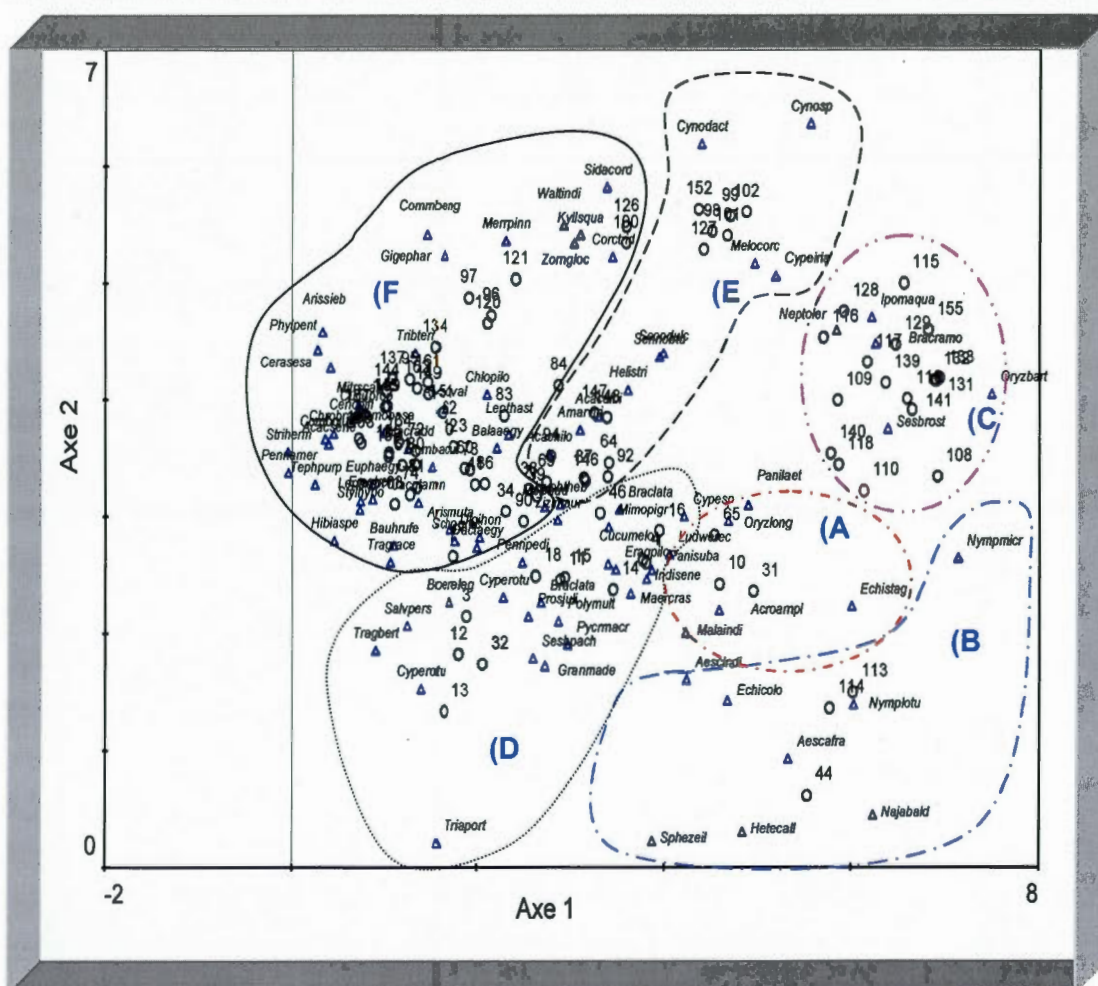


Figure 8.4 Analyse globale de la végétation.

Source WWF/WAFPCO (2011)

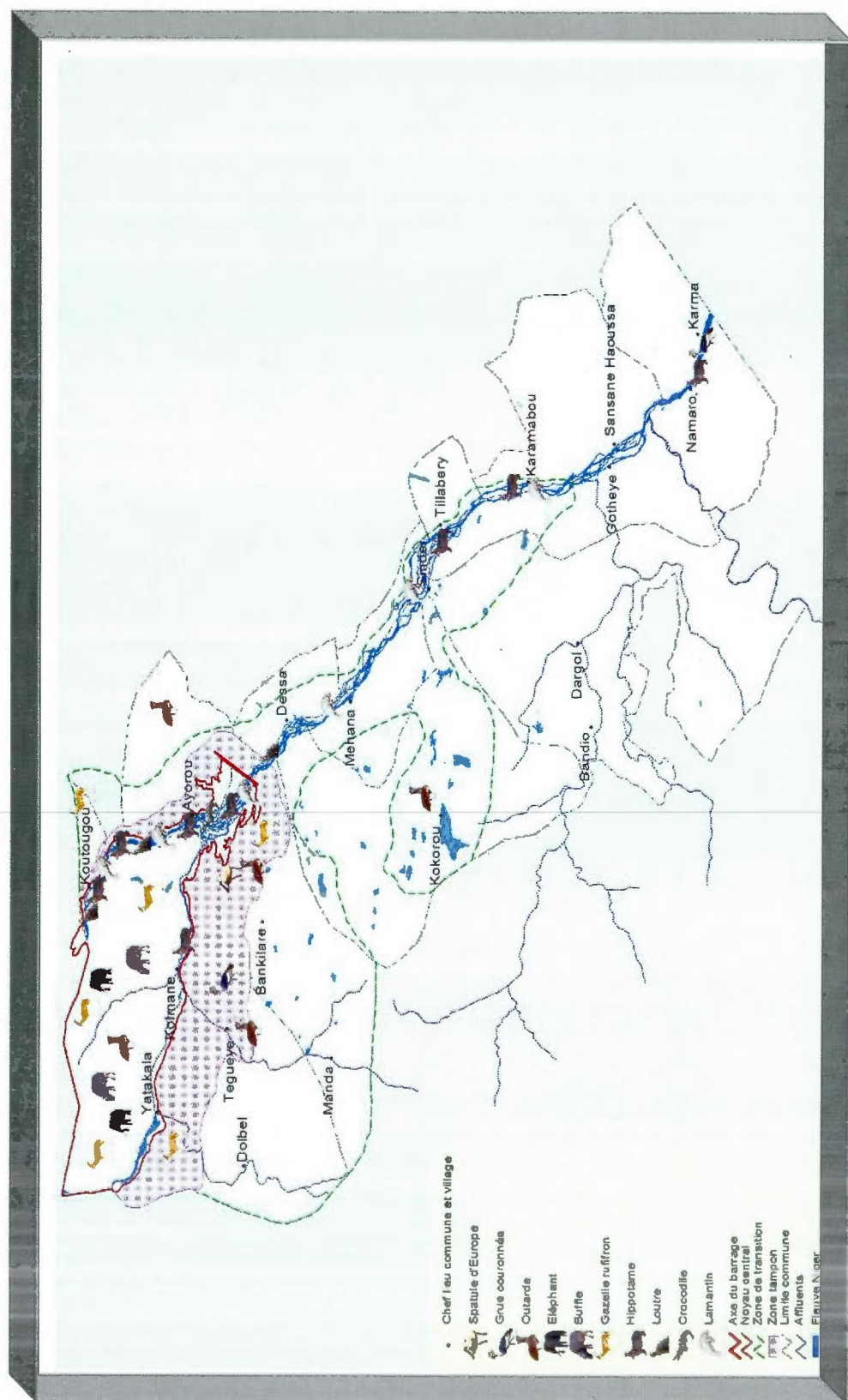


Figure 8.5 Répartition de la faune dans la zone d'étude.
Source WWF/WAFPCO (2011).

8.6.1.1 Évaluation de l'indicateur d'effet

Cet indicateur est renseigné indirectement par la perte des habitats (8.6.2). Les AHA et les digues de protection qui empêchent l'inondation naturelle des casiers rizicoles ont des répercussions importantes sur la biodiversité faunique et floristique. Par exemple, la migration de certaines espèces de poisson et surtout leur reproduction sont perturbées dans la mesure où elles n'arrivent plus à accéder aux plaines d'inondation, qui sont leurs frayères naturelles. Cela impacte donc considérablement le recrutement naturel. En effet, selon Reizer (1974), en condition naturelle, la productivité piscicole atteint plus ou moins 60 kg/ha/an de plaine inondée. L'inondation des plaines s'accompagne aussi selon Blanche (1964) d'une croissance explosive du plancton liée à la présence d'éléments fertilisants d'origines organiques et minérales (excréments, végétaux secs, cendres, etc.); ce qui favorise l'alimentation des juvéniles.

L'importance de l'effet est en partie liée à la superficie emblavée (tableau 8.8). Plus celle-ci est importante, plus l'effet est fort sur les espèces dépendantes des plaines d'inondation pour leur reproduction (poissons) et leur alimentation (poissons, hippopotames, etc.). Mais, puisque les AHA seront exploités sur plusieurs décennies, la durée est permanente quelle que soit l'option considérée et l'étendue est dans tous les cas régionale et concernera toute la partie du Niger moyen en République du Niger sauf pour la dernière option qui reste en deçà du seuil critique (voir section 8.6). Il est à noter que l'effet est surpondéré pour une différence de 1000 ha au-delà du seuil de 31 000 ha. En deçà du seuil critique, la surpondération est appliquée uniquement pour des différences de plus de 1 500 ha.

Tableau 8.8 Effet des options sur la biodiversité spécifique

Options	Superficies par option (ha)	Intensité	Durée	Étendue	Importance de l'effet
Option 1	45 000	Très forte	Longue	Régionale	Très fort
Option 2	31 000	Moyenne	Longue	Régionale	Fort
Option 3	43 812	Forte	Longue	Régionale	Fort
Option 4	29 812	Moyenne	Longue	Locale	Moyen

8.6.1.2 Évaluation de la sensibilité

Environ 17 000 ha de plaines inondées sont occupés en permanence par les aménagements hydro agricoles et les digues de protection érigées le long du fleuve (Talatou, 1991). Ces ouvrages perturbent l'inondation des plaines et compromettent l'alternance des phases de crue et décrue qui sont liées selon Welcomme (1975) aux précipitations locales ou aux débordements du fleuve. Malheureusement, les ressources fauniques et floristiques subissent depuis plusieurs années une altération des habitats se traduisant par des pertes d'espèces. Le type d'aire protégée aura peu d'influence pour la conservation des espèces si comme le relève l'ABN (2007b) les pays du Bassin du Niger ne consacrent pas les ressources financières qu'il faut à la gestion et à la préservation de la faune sauvage. Cela entraîne une amplification du braconnage dans les aires protégées et l'usage de moyens de chasse prohibés. Aussi, malgré l'importance de la biodiversité pour la survie des générations actuelles et futures, celle-ci est en détérioration croissante à cause de la perte d'écosystèmes et d'habitats naturels (Tecsult, 2006d). En considérant la situation actuelle du milieu et en tenant compte des superficies emblavées et les composantes du milieu touchées, on peut retenir une sensibilité variable en fonction des options (tableau 8.9). Le lien étant indirect entre la biodiversité spécifique et les superficies irriguées, la sensibilité varie de fort à faible est surpondéré pour chaque millier d'ha supplémentaire au-delà du seuil de 31 000 ha. En deçà de ce seuil, la sensibilité est sous-pondérée seulement à partir d'une baisse de 1 500 ha de superficie irriguée.

8.6.1.3 Évaluation du niveau d'impact sur la biodiversité spécifique

Sur la base des indicateurs d'effet définis au tableau 8.8 et des indices de sensibilité déterminés à la sous-section 8.6.12, les indicateurs d'impacts pour les options 4, 3, 2 et 1 sont respectivement *fort, faible, moyen et faible* (tableau 8.9).

Tableau 8.9 Niveau d'impact sur la biodiversité spécifique

Options	Superficies par option (ha)	Indicateur d'effet	Sensibilité	Indicateur d'impact
Option 1	45 000	Très fort	Forte	Fort
Option 2	31 000	Moyen	Faible	Faible
Option 3	43 812	Fort	Moyen	Moyen
Option 4	29 812	Moyen	Faible	Faible

8.6.2 Impact sur les habitats naturels (Hab)

Ce critère en lien direct avec l'enjeu *perte d'habitat naturel*, est aussi en rapport avec plusieurs autres enjeux comme par exemple la qualité de l'eau qui influence aussi celui des habitats naturels. En effet, la mise en œuvre des options peut se traduire par des impacts sur les habitats en termes de qualité et aussi de superficie. Mais, seule la qualité est ici prise en compte, la deuxième dimension étant prise en charge à travers l'occupation spatiale (voir 8.6.9). Les habitats considérés sont principalement les plaines inondables, compte tenu de leur importance dans l'environnement du bassin du Niger (voir chapitre I). C'est un critère à minimiser, mesuré par un indicateur qualitatif associé à une échelle ordinale.

La perte, la perturbation ou le morcellement plus ou moins important des habitats découlant de l'emblavement des grandes superficies agricoles ont des effets indéniables sur la qualité des habitats et indirectement sur l'accès aux ressources et usages qui y sont liés et donc sur la possibilité de maintenir un certain nombre de valeurs traditionnelles. La qualité des habitats a aussi indiscutablement des impacts sur la biodiversité spécifique.

8.6.2.1 Évaluation de l'indicateur d'effet

L'étude sur la biodiversité menée lors de l'évaluation environnementale et sociale du Programme «Kandadji» a relevé que plus de 80 % des habitats sont fortement dégradés suite aux usages multiples résultant des fortes concentrations humaines. Comme pour l'effet sur la perte de biodiversité spécifique, celui sur la perte des habitats est aussi proportionnel aux superficies emblavées (tableau 8.10). Mais, l'intensité de la perturbation qui est très forte lorsqu'on maximise les superficies irriguées, devient moyenne en deçà du seuil de 31 000 ha. Toutefois, la durée, comme l'étendue sont maximales quelle que soit l'option considérée.

Tableau 8.10 Effet des options sur les habitats naturels

Options	Superficies par option (ha)	Intensité	Durée	Étendue	Indicateur d'effet
Option 1	45 000	Très forte	Longue	Régionale	Très fort
Option 2	31 000	Moyen	Longue	Régionale	Fort
Option 3	43 812	Très forte	Longue	Régionale	Très fort
Option 4	29 812	Moyen	Longue	Régionale	Fort

8.6.2.2 Évaluation de la sensibilité

La baisse des crues du fleuve réduit fortement l'inondation des plaines surtout celles qui sont éloignées. Par conséquent, celles-ci ne peuvent plus servir ni de frayères ni de nurseries aux alevins et aux juvéniles. La destruction des habitats naturels par assèchement des bras du fleuve suite aux travaux d'AHA à grande échelle, a fait disparaître une bonne partie de la faune initiale (RN, 2007). De plus, le barrage de Kandadji affectera environ 1400 ha de milieux humides, constitués par les mares, les prairies inondables, les cordons rupicoles et de bas-fonds (Tecsult, 2006b). La mise en eau du réservoir entraînera également la perte d'habitats pour la faune et la perte d'une zone importante pour la conservation des oiseaux (ZICO) qui couvre un territoire de 10 000 ha. La ZICO du secteur d'Ayorou est l'une des quinze (15) ZICO du Niger et représente 0,1% de la surface totale de ces aires dans le pays. La problématique des habitats ne sera pas totalement réglée par la régulation du débit du cours d'eau par la construction du barrage, puisque celle-ci sera suivie par les aménagements des périmètres irrigués à maîtrise totale d'eau (AHA) qui intègrent la réalisation de digues de protection qui bloquent l'inondation naturelle de plaines à partir du fleuve. La superficie du fleuve avec ses plaines d'inondation en hautes eaux et basses eaux sont respectivement de 63000 et 30 000 ha (MHE, 1992). Conséquemment, même si les superficies irrigables sont estimées à 142 450 ha dont 32 450 ha de cuvettes et 110 000 ha de terrasses (République du Niger 2005b), la mise en culture de plus de 31 000 ha se traduira par des perturbations majeures de l'écosystème fluvial. L'aire protégée localisée surtout en zone amont du barrage, ne devrait pas trop influencer la sensibilité découlant des grandes superficies agricoles. Les

sensibilités sont donc estimées très forte pour les options 45T1 et 43T6 mais moyenne pour les options 31T6 et 29T6.

8.6.2.3 Évaluation du niveau d'impact sur les habitats naturels

Sur la base des indicateurs d'effet définis au tableau 8.10 et des indices de sensibilité déterminés à la sous-section 8.6.23, les indicateurs d'impacts sont *très fort* pour les options à grandes superficies (45T1 et 43T6) et *moyen* pour les options à superficies moyennes (31T6 et 29T6)

Tableau 8.11 Niveau d'impact sur les habitats

Options	Superficies par option (ha)	Indicateur d'effet	Sensibilité	Indicateur d'impact
Option 1	45 000	Très fort	Très forte	Très fort
Option 2	31 000	Fort	Moyenne	Moyen
Option 3	43 812	Très fort	Très forte	Très forte
Option 4	29 812	Fort	Moyenne	Moyen

8.6.3 Impact sur la qualité de l'eau (Eau)

Ce critère est rattaché à l'enjeu *Pollution des eaux* et vise à mesurer l'effet des différentes options sur la qualité chimique de l'eau, principalement des eaux du fleuve Niger. La lutte contre la pollution des eaux est selon l'ABN (2007b), le deuxième enjeu pour la conservation des écosystèmes du Bassin du Niger. L'intensification agricole qui résulte de la disponibilité de terres irriguées s'accompagne d'une altération de la qualité de l'eau. L'emploi des pesticides et d'engrais chimiques en agriculture est reconnu comme étant une source importante de pollutions. Il s'en suit une eutrophisation, surtout dans les zones peu profondes, créant les conditions propices à une colonisation du fleuve par des espèces invasives comme la jacinthe d'eau (*Eichhornia crassipes*), apparue au Niger en 1985. Appelée «peste d'eau», «mauvaise herbe dangereuse» ou «Sida vert», cette adventice est considérée comme l'une des causes de la baisse de la productivité piscicole, de la modification de la qualité physico-chimique de l'eau et même du développement de certaines maladies telles que le paludisme, la draconculose, les filarioses, la schistosomiase, etc. On

note également l'apparition d'autres espèces envahissantes comme le Typha (*Typha angustifolia*) qui occupe 50% des drains principaux sur le périmètre de Toula, 60% des drains principaux à Koutoukallé et 80% des drains principaux à Kourani (RN, 2007). La mauvaise qualité des eaux a ainsi des répercussions sur les ouvrages et se traduit par des incidences économiques et sanitaires.

Les entretiens de terrain réalisés au cours de l'étude ont fait ressortir que l'usage des pesticides n'est pas systématique et se fait en général lorsque des dommages sont constatés sur les cultures. C'est sans doute pourquoi, une évaluation de l'impact des pesticides sur la qualité des eaux au Burkina Faso, pays qui a une situation comparable à celle du Niger, montre une relative bonne qualité de l'eau spécialement en relation avec les pesticides (République du Burkina Faso, 2001). Aussi, pour les fins de la présente évaluation, nous considérons uniquement les quantités d'engrais, pour lesquelles les données sont disponibles. Dans tous les cas, cela donne une bonne indication de la qualité des eaux. La qualité de l'eau (Eau) est un critère à minimiser et est mesuré suivant la formule 8.2 de la section 8.6 par un indicateur cardinal rattaché à une échelle numérique.

8.6.3.1 Évaluation de l'indicateur d'effet

Selon Abdou (2005), les quantités d'engrais utilisées au Niger sont de 60 kg/ha pour la riziculture. Sur cette base, on obtient les quantités d'engrais utilisées par options indépendamment de la sensibilité du milieu.

Tableau 8.12 Effet des options sur la qualité de l'eau

Options	Superficies par option (ha)	Indicateur d'effet (Tonnes)
1	45 000	2 700
2	31 000	1 860
3	43 812	2 628.72
4	29 812	1 788.72

8.6.3.2 Évaluation de la sensibilité

La FAO estime pour la zone Afrique de l'Ouest des taux d'application moyenne d'éléments fertilisants de 9 kg/ha/an. L'organisme onusien précise cependant la nécessité de porter ce taux à 23 kg/ha/an pour atteindre les objectifs de croissance annuelle de la production agricole. Ces chiffres cachent des disparités selon les spéculations considérées. En fait, il est très difficile d'évaluer si les doses recommandées par les fabricants de pesticides sont effectivement respectées puisque les producteurs, en majorité analphabètes, ne tiennent pas de registres écrits des opérations phytosanitaires (Moukaila, 2008). De ce fait, ni les superficies traitées ni les doses appliquées ne sont enregistrées. Cependant, il semble y avoir un surdosage en ce qui concerne l'engrais 15-15-15 (NPK) pour lequel le taux de couverture pour la région de Tillabéri, a été estimé par Tecsalt (2006d) à 102,40%. Actuellement, les producteurs utiliseraient 200 kg/ha d'engrais NPK (Sidi, 2011), alors que selon la FAO et *al.* (2003) les cultures prélèvent seulement de 50 à 100kg/ha pour des productions de riz variant entre 3 et 6 tonnes/ha. Le développement de l'agriculture par l'intensification des cultures se traduira donc, entre autres, par une utilisation massive des produits chimiques pour accroître les rendements agricoles, mais aussi pour lutter contre les ennemis des cultures (République du Niger, 2011). La sensibilité du milieu aquatique par rapport aux fertilisants, est estimée maximale (égale à 1) quelle que soit l'option considérée.

Tableau 8.13 Sensibilité du milieu aux pollutions

Options	Superficies par option	Indice de sensibilité
1	45 000	1
2	31 000	1
3	43 812	1
4	29 812	1

8.6.3.3 Évaluation du niveau d'impact sur la qualité de l'eau

L'indicateur d'effet modulé par l'indice de sensibilité déterminé à la sous-section 8.6.3.2, permet de déterminer l'indicateur d'impact (tableau 8.14) de l'application des engrais sur la qualité de l'eau suivant la formule 2 (voir section 8.6).

Tableau 8.14 Niveau d'impact sur la qualité de l'eau

Options	Superficies par option	Indice de sensibilité	Indicateur d'effet (Tonne)	Indicateur d'impact (Tonne)
1	45 000	1	2 700	2 700
2	31 000	1	1 860	1 860
3	43 812	1	2 628.72	2 628.72
4	29 812	1	1 788.72	1788.72

8.6.4 Diversification des activités économiques (Act)

Ce critère vise à mesurer l'effet des options sur les types d'activités qui seront développés dans la zone du bassin. La diversification des activités donne une bonne idée de l'amélioration de l'économie tant au niveau local que régional et national, enjeu important pour les différents acteurs. C'est donc un critère à maximiser et qui est rattaché à un indicateur qualitatif mesuré sur une échelle ordinale.

8.6.4.1 Détermination de l'indicateur d'effet

Les travaux de construction des AHA fournissent de la main d'œuvre locale au niveau de chaque portion du Bassin du Niger, mais les aménagements se déroulent sur un temps relativement court. Ainsi, l'exercice d'autres activités que la construction ou l'exploitation des AHA, telles que les activités récréotouristiques se déroulent par contre sur une longue durée et peuvent intéresser tout le bassin versant et même au-delà. Ces considérations permettent de retenir des intensités, des durées et des étendues variables en fonction des options. Les superficies maximales (45T1 et 43T1) ont localement une faible intensité sur la diversification des activités car laissent peu de place aux autres spéculations et formes de valorisation du milieu surtout que pour l'option 45T1, les usages sont strictement contrôlés. Les superficies moyennes (31T6 et 29T6) associées à une utilisation modérée des ressources naturelles ont par contre des intensités moyennes à forte (tableau 8.15).

Tableau 8.15 Effet des options sur la diversification des activités économiques

Options	Intensité	Durée	Étendue	Indicateur d'effet
1	Faible	Longue	Locale	Faible
2	Moyenne	Longue	Locale	Moyen
3	Faible	Longue	Locale	Faible
4	Forte	Longue	Locale	Fort

8.6.4.2 Détermination de la sensibilité

Plusieurs activités sont menées dans le Bassin du Niger telles que l'agriculture, l'élevage, la pêche et l'aquaculture, la chasse, le tourisme, la collecte de produits naturels (voir chapitre I, section 1.3.3). Certaines de ces activités sont cependant menacées par les AHA et les restrictions liées à la création d'une réserve intégralement protégée même si celle-ci est relativement localisée au niveau du réservoir. La diversification des activités (Act) est reliée au type d'aire protégée qui détermine ultimement les activités d'exploitation des ressources naturelles du bassin du Niger. La sensibilité (tableau 8.16) varie de *très faible* à *forte* dépendamment de la taille de superficies et aussi du type d'aire protégée suivant la même logique que la variation de l'intensité explicitée à la sous-section 8.6.4.2.

Tableau 8.16 Sensibilité du milieu à la diversification des activités économiques

Options	Superficies par option (ha)	Sensibilité
1	45 000	Très faible
2	31 000	Moyenne
3	43 812	Faible
4	29 812	Forte

8.6.4.3 Niveau d'impact sur la diversification des activités

Sur la base des indicateurs d'effet définis au tableau 8.15 et des indices de sensibilité du tableau 8.17 combinés permettent de déterminer des indicateurs d'impacts des options sur la diversification des activités économiques consignés au tableau 8.17.

Tableau 8.17 Niveau d'impact sur la diversification des activités économiques

Options	Superficies par option (ha)	Indicateur d'effet	Sensibilité	Indicateur d'impact
1	45 000	Faible	Très faible	Très faible
2	31 000	Moyen	Moyenne	Moyen
3	43 812	Faible	Faible	Très Faible
4	29812	Fort	Forte	Fort

8.6.5 Création d'emplois (Emp)

La création d'emplois est le deuxième critère en lien avec l'amélioration de l'économie. Nous estimons que l'amélioration de l'économie passe par la promotion des activités diversifiées et la création d'emplois. Tel qu'indiqué précédemment, la valeur de l'emploi local est importante à considérer. Mais, seuls les emplois non spécialisés et revenant aux populations locales sont, considérés compte tenu de la relation qui peut être établie entre les revenus locaux et les atteintes à la biodiversité. C'est un critère à maximiser, évalué suivant la formule 8.2 (voir section 8.6) par un indicateur quantitatif mesuré sur une échelle cardinale.

8.6.5.1 Évaluation de l'indicateur d'effet sur la création d'emplois

Le programme de lutte contre l'insécurité alimentaire par le développement de l'irrigation élaboré par le gouvernement du Niger en août 2005 (RN, 2005b), détermine la taille moyenne des parcelles des périmètres irrigués conçus dans le cadre des AHA dans la vallée du fleuve. Chaque exploitant dispose actuellement de 0,5 ha. Nous considérons ce paramètre comme base de calcul pour déterminer les nombres d'emplois créés (tableau 8.18), sachant que d'autres emplois sont reliés aux activités autres que la riziculture.

Tableau 8.18 Effet des options sur la création d'emplois

Options	Superficies par option (ha)	Superficies par exploitant (ha/pers.)	Indicateur d'effet
1	45 000	0.5	90 000
2	31 000	0.5	62 000
3	43 812	0.5	87 624
4	29 812	0.5	59 624

8.6.5.2 Évaluation de la sensibilité

Le calcul des emplois créés par les seules activités agricoles n'intègre évidemment pas les autres spéculations et activités comme celles liées au potentiel récréotouristique suite à la création des aires protégées. Il convient de déterminer un indice de sensibilité lié au type d'aire protégée qui détermine les possibilités de création d'emplois liés au tourisme intégré. Pour l'option 45T1, la catégorie d'aire protégée associée restreint fortement les activités touristiques car l'utilisation et même les visites sont restreintes et/ou localisées à certaines portions de la zone considérée afin de limiter et contrôler strictement les impacts humains et garantir la protection des valeurs de conservation. Nous lui attribuons donc un indice de sensibilité de 0,95 en supposant une perte de 5% des emplois liés au tourisme. En effet, dans le cadre du Plan de Développement Local (PDL) élaboré pour la zone d'intervention du Programme «Kandadji», le nombre de touristes a été estimé en 2004, à environ 2 000. Ce secteur ne génère donc pas beaucoup d'emplois, sans doute à cause de l'insécurité qui subsiste au Niger et plus généralement au Sahel. Par contre, la forme d'aire protégée reliée aux options 31T6, 43T6 et 29T6, favorise et encourage les activités récréotouristiques en permettant une utilisation modérée des ressources naturelles, non industrielle et compatible avec la conservation de la nature. Nous leur attribuons des indices de sensibilité de 1 (tableau 8.19).

Tableau 8.19 Sensibilité à la création d'emplois

Options	Superficies par option (ha)	Indice de sensibilité
1	45 000	0.95
2	31 000	1
3	43 812	1
4	29 812	1

8.6.5.3 Évaluation du nombre d'emplois créés

Sur la base des indicateurs d'effet définis au tableau 8.18 et des indices de sensibilité du tableau 8.19, il est possible de déterminer les nombres d'emplois reliés à chaque option selon

de la formule 8.2 de la section 8.6. Les indicateurs d'impacts sur les emplois sont consignés dans le tableau 8.20 ci-dessous.

Tableau 8.20 Nombre d'emplois créés par option

Options	Superficies par option (ha)	Indice de sensibilité	Indicateur d'effet (emplois)	Indicateur d'impact (emplois)
1	45000	0.95	90000	85500
2	31000	1	62000	62000
3	43812	1	87624	87624
4	29812	1	59624	59624

8.6.6 Retombées économiques (Rec)

Ce critère est le troisième en lien avec l'enjeu, *amélioration de l'économie*. Il vise uniquement à prendre en compte les ressources financières tirées de la vente de riz. C'est donc un critère à maximiser qui est relié à un indicateur quantitatif évalué sur une échelle cardinale selon la formule 8.2 (voir section 8.6).

8.6.6.1 Détermination de l'indicateur d'effet

La Stratégie Nationale de Développement de l'Irrigation et de Collecte des Eaux de Ruissellement (SNDI/CER) élaborée en 2005 par le gouvernement de la République du Niger (RN, 2005a) a permis d'avoir des données appréciables sur la rentabilité des cultures irriguées au Niger. Nous considérons ces données comme base de calcul (tableau 8.21) même si l'essentiel de la production est autoconsommé et compte pour 57 % du bilan vivrier des exploitations (RN, 2005b). Néanmoins, la riziculture au stade actuel des performances est considérée comme étant financièrement rentable avec une marge de 132 000 F.CFA/ha (environ 250 dollars US) sur la base de 4 tonnes de riz à l'ha même si on peut aller à environ 6 tonnes/ha.

Tableau 8.21 Effet des options lié aux retombées économiques

Options	Superficies par option (ha)	Indicateur d'effet (en 1000 USD)
1	45 000	11 250
2	31 000	7 750
3	43 812	10 953
4	29 812	7 453

8.6.6.2 Évaluation de l'indice de sensibilité

Bien évidemment, les retombées financières tirées des spéculations agricoles ne sont pas les seules liées aux options. Les activités touristiques de même que les productions sylvopastorale génèrent des retombées économiques au niveau local et national. Mais, nous prenons le parti de considérer uniquement les variables, *retombées liées au tourisme* pour calculer l'indice de sensibilité. Sur cette base, nous considérons un indice maximal c'est-à-dire de 1 pour les options favorisant les activités touristiques (31T6, 43T6 et 29T6) et un indice de 0.95 dans le cas contraire (45T1) (tableau 8.22) (voir aussi section 8.6.5).

Tableau 8.22 Sensibilité du milieu aux retombées économiques

Options	Superficies par option (ha)	Indice de sensibilité
1	45 000	0.95
2	31 000	1
3	43 812	1
4	29 812	1

8.6.6.3 Détermination des revenus générés par option

Les revenus tirés par option (tableau 8.23) sont calculés en fonction du prix du riz produit modulé par l'indice de sensibilité suivant la formule 8.2 de la section 8.6.

Tableau 8.23 Revenus générés par options

Options	Superficies par option	Indicateur d'effet (en 1000 USD)	Indice de sensibilité	Indicateur d'impact (en 1000 USD)
1	45 000	11 250	0.95	10 687,5
2	31 000	7 750	1	7 750
3	43 812	10 953	1	10 953
4	29 812	7 453	1	7 453

8.6.7 Impact sur les valeurs traditionnelles (Vat)

La perturbation des modes de vie des populations locales est un enjeu majeur pour tous les acteurs, y compris pour les acteurs gouvernementaux. L'impact sur les valeurs traditionnelles (Vat) vise à prendre en compte cette dimension. C'est un critère à minimiser et qui est rattaché à un indicateur qualitatif mesuré sur une échelle ordinale.

L'exercice des activités traditionnelles et la protection des sites patrimoniaux constituent des moyens de maintenir et de valoriser les savoirs traditionnels. Ils représentent des mécanismes de formation de jeunes et aussi de transmission des valeurs traditionnelles par les aînés aux jeunes et plus généralement d'échange entre les communautés.

8.6.7.1 Détermination de l'indicateur d'effet

Nous faisons l'hypothèse que les superficies emblavées et aussi le type d'aire protégée déterminant les usages possibles, ont des effets sur la possibilité de maintenir des pratiques et des usages essentiels à la préservation des valeurs traditionnelles. Comme l'aire protégée ne concerne qu'une faible proportion du bassin du fleuve dans sa partie nigérienne, l'effet des options est surtout déterminé par les superficies irriguées. L'intensité de la perturbation est très forte pour l'option 45T1 mais décroît d'un degré pour chaque millier d'ha en moins. La maximisation des superficies se traduit par un effet *très fort*, qui décroît proportionnellement à la dimension des AHA (tableau 8.24) à partir du seuil de 31 000 ha.

Tableau 8.24 Effet des options sur les valeurs traditionnelles

Options	Superficies par option (ha)	Intensité	Durée	Étendue	Indicateur d'effet
1	45 000	Très forte	Longue	Régionale	Très fort
2	31 000	Moyenne	Longue	Régionale	Fort
3	43 812	Forte	Longue	Régionale	Très fort
4	29 812	Faible	Longue	Régionale	Moyen

8.6.7.2 Détermination de la sensibilité

Au Niger, la gestion et la conservation des ressources naturelles étaient régies avant la période coloniale par une réglementation traditionnelle exercée par les autorités coutumières locales. Cette pratique permettait une répartition équitable des ressources parmi les membres de la communauté. Par la suite, ce mode de gestion a été remplacé par une réglementation placée sous le contrôle de l'État à travers les services en charge des Eaux et Forêts. Cela a créé une rupture nette entre les agents techniques en charge de l'application de la réglementation nationale en vigueur et les populations qui exploitent les ressources. Dès lors, l'expertise locale en matière de gestion des ressources n'a pas été mise à contribution durant plusieurs décennies. Dans le domaine de la pêche par exemple, l'appropriation par l'État du droit de pêche et l'abolition du droit coutumier après les indépendances en 1960, s'est traduite par la disparition ou la dévalorisation de certaines fonctions comme celle de maître des eaux. Cette fonction n'est plus que symbolique, comme en atteste le cas d'un maître des eaux rencontré lors de l'ÉIE du barrage de Kandadji, lequel a juste acquis la fonction par héritage sans être lui-même pêcheur (Tecsult, 2006d). De même, dans le cadre de la mise en œuvre du Programme «Kandadji», l'expropriation des terres par l'État et les déplacements occasionneront une perte de l'espace culturel, et le lien d'appartenance au terroir sera brisé. Cette situation peut entraîner un sentiment de perte d'identité sociale chez les personnes déplacées Tecult (2006b). De plus, plusieurs activités prévues peuvent entraîner la perte de patrimoines historique, archéologique, culturel et cultuel découverts sur les sites d'accueil (Tecsult, 2006d). En dépit de la reconnaissance de la coutume comme norme applicable au Niger en matière de gestion des ressources naturelles tel que cela a été réaffirmé par l'ordonnance n° 93-28 du 30 mars 1993 (Tecsult, 2005a), la mise en aménagement

d'importante superficie limitera les pratiques et perturbera les valeurs traditionnelles. La responsabilité des populations pour la gestion de leurs propres affaires est difficile en raison des lourdeurs sociologiques et politiques, de l'analphabétisme et aussi des erreurs dans les méthodes d'approche adoptées (Tecsult, 2006f). À cela s'ajoutent aussi les lourdeurs administratives comme pour le cas de la loi sur la pêche adoptée en 1998, qui ne dispose pas de décret d'application, 15 ans après sa promulgation! La sensibilité est ainsi cohérente avec l'intensité du tableau 8.24 et varie de *très forte* à *faible* de l'option à la plus grande superficie (45T1) à celle à la plus petite superficie (29T6).

8.6.7.3 Niveau d'impact sur les valeurs traditionnelles

Le niveau d'impact sur les valeurs traditionnelles (Vat) (tableau 8.25) est ainsi fonction des effets de chaque option sur les valeurs traditionnelles modulées par les sensibilités du milieu déterminées à la sous-section 8.6.7.2.

Tableau 8.25 Niveau d'impact sur les valeurs traditionnelles

Options	Superficies par option	Indicateur d'effet	Sensibilité	Indicateur d'impact
1	45 000	Très fort	Très forte	Très fort
2	31 000	Fort	Moyenne	Moyen
3	43 812	Très fort	Forte	Fort
4	29 812	Moyen	Faible	Faible

8.6.8 Impact sur les conflits (Con)

La gestion et l'exploitation des ressources naturelles disponibles engendrent divers types de conflits intra et intercommunautaires liés entre autre à l'insuffisance des terres cultivables et à l'utilisation concurrentielle de l'espace par les différents acteurs ainsi que les interactions négatives entre les différentes spéculations. Ainsi, l'emblavement des grandes superficies pour le développement agricole nuira à l'élevage par l'empiétement sur les parcours de décrue au niveau de bourgoutières, par ailleurs également valorisés par les populations d'hippopotames. La mise en œuvre du Programme «Kandadji» modifiera les modes traditionnels de gestion des terres agricoles, du pastoralisme et de la pêche et entraînera un changement dans les règles d'utilisation et les droits relatifs à l'eau et à la terre. Les

populations pourraient se sentir désorientées et bousculées. De tels changements peuvent occasionner des conflits entre groupes sociaux et même au sein d'un même groupe (Tecsult, 2006b). L'impact sur les conflits vise à prendre en compte cette réalité. Ce critère est à minimiser et est évalué à partir d'un indicateur qualitatif rattaché à une échelle ordinale.

8.6.8.1 Détermination de l'indicateur d'effet sur les conflits

Le potentiel en terres irrigables au Niger est fonction des sources de données. Il serait d'environ 270 000 dont 142 000 ha (52,6 %) dans la vallée du fleuve (République du Niger, 2005b). L'emblavement de superficies engendre des conflits d'intensités variables en fonction des options. Ainsi, les 45 000 ha prévus pour l'option 1 (45T1) se traduisent par la mise sous aménagement de près du tiers de terres irrigables disponibles, l'intensité est à ce niveau très forte, mais régresse d'un niveau proportionnellement à partir du seuil de 31 000 ha de superficies irriguées (tableau 8.26). La permanence des AHA confère quant à elle, un effet de longue durée, quelle que soit l'option envisagée. De même, les proportions envisagées s'étaleront sur toute la partie nigérienne du fleuve, l'étendue est de ce fait régionale.

Tableau 8.26 Effet des options sur les conflits

Options	Superficies par option (ha)	Intensité	Durée	Étendue	Indicateur d'effet
1	45 000	Très forte	Longue	Régionale	Très fort
2	31 000	Forte	Longue	Régionale	Fort
3	43 812	Très forte	Longue	Régionale	Très fort
4	29 812	Moyenne	Longue	Régionale	Fort

8.6.8.2 Détermination de la sensibilité

La croissance démographique et la réduction des terres fertiles de la vallée du fleuve ont accentué la pression foncière qui a abouti au morcellement des parcelles (République du Niger, 2007b). Cela a entraîné l'exclusion de certains groupes sociaux créant un environnement propice aux conflits liés aux ressources naturelles. Par ailleurs, la création du réservoir aura pour conséquence directe la perte de superficies de sols productifs dans la zone

inondée. En fait, 8% des sols productifs présentement exploités à des fins agricoles seront perdus (Tecsult, 2006b). La sensibilité aux conflits (tableau 8.27) est maximale (*très forte*) pour l'option 45T1 mais elle baisse d'un niveau (*fort*) pour l'option 43T6 du fait du type d'aire protégée qui permet de mieux encadrer et d'apaiser les rapports sociaux à travers une meilleure redistribution des ressources. Le même niveau (*fort*) est conservé pour l'option 31T6 mais baisse d'un niveau supplémentaire (*moyen*) pour l'option 29T6 à cause de la baisse significative des superficies emblavées, atténuant les conflits d'occupation de l'espace avec la faune, principalement les hippopotames.

Tableau 8.27 Sensibilité du milieu aux conflits

Options	Superficies par option (ha)	Sensibilité
1	45 000	Très forte
2	31 000	Forte
3	43 812	Forte
4	29 812	Moyenne

8.6.8.3 Niveau d'impacts sur les conflits

Le niveau d'impact sur les conflits (tableau 8.28) est déterminé à partir des indicateurs d'effet (tableau 8.26) modulés par les sensibilités du milieu définies au tableau 8.27.

Tableau 8.28 Niveau d'impact des conflits par option

Options	Superficies par option (ha)	Indicateur d'effet	Sensibilité	Indicateur d'impact
1	45 000	Très fort	Très forte	Très fort
2	31 000	Fort	Forte	Forte
3	43 812	Très fort	forte	Forte
4	29 812	Fort	Moyenne	Moyen

8.6.9 Occupation spatiale (Spa)

Les AHA s'harmonisent difficilement avec le milieu naturel et modifient en permanence le paysage dans la vallée du fleuve. Cependant, la valeur du paysage est plutôt subjective au Niger en général et dans la vallée du fleuve en particulier, ce critère prend essentiellement en

compte les pertes d'opportunités d'usages proportionnellement aux superficies occupées par la riziculture

8.6.9.1 Détermination de l'indicateur d'effet

Le critère d'occupation spatiale (Spa) vise à prendre en compte le fait que privilégier une spéculation particulière par l'affectation des grandes superficies, est de nature à restreindre d'autres usages possibles. C'est donc un critère à minimiser et qui est évalué suivant la formule 8.2 (section 8.6) à partir d'un indicateur quantitatif (8.29) relié à une échelle cardinale.

Tableau 8.29 Effet des options sur l'occupation spatiale

Options	Superficies par option (ha)	Indicateur d'effet
1	45 000	45 000
2	31 000	31 000
3	43 812	43 812
4	29 812	29 812

8.6.9.2 Détermination de l'indice de sensibilité

Le réservoir du barrage de Kandadji inondera respectivement 11 004 ha et 6 029 ha des domaines agricole et forestier. En plus, les AHA qui ont été développés depuis les années '70 sont répartis sur environ 200 km, soit sur plus du tiers du cours linéaire du fleuve Niger au Niger (Tecsult, 2006e). Cette situation a restreint les possibilités des autres usages du bassin et aussi l'habitat des hippopotames qui envahissent régulièrement les casiers rizicoles. On enregistre une recrudescence des conflits entre les hommes et ces pachydermes qui causent d'importants dégâts. Quelle que soit l'option envisagée, l'indice de sensibilité est donc maximal et est égal à 1.

8.6.9.3 Détermination des superficies occupées par option

L'indicateur d'impact (superficies occupées par option) (tableau 8.30) correspond finalement à l'indicateur d'effet puisque la sensibilité est dans tous les cas égale à 1.

Tableau 8.30 Superficies occupées par option

Options	Superficies par option (ha)	Indicateur d'effet (ha)	Indice de sensibilité	Indicateur d'impact (ha)
1	45 000	45 000	1	45 000
2	31 000	31 000	1	31 000
3	43 812	43 812	1	43 812
4	29 812	29 812	1	29 812

8.6.10 Bilan de l'évaluation des impacts de chaque indicateur par option

Les évaluations des indicateurs quantitatifs de même que celles des indicateurs qualitatifs sont en valeur numérique (1 à 5) (tableau 8.31). Pour ces derniers, les résultats reflètent la correspondance adoptée entre les échelles arithmétiques et les échelles ordinales (voir tableau 8.4).

Tableau 8.31 Bilan de l'évaluation des impacts par option

Indicateurs	Option 1 (45T1)	Option 2 (31T6)	Option 3 (43T6)	Option 4 (29T6)
Niveau d'impact sur les espèces	4	2	3	2
Niveau d'impact sur les habitats	5	3	5	3
Quantité d'engrais consommés (tonne)	2 700	1860	2628.72	1 788.72
Niveau d'impact sur les activités économiques	1	3	1	4
Nombre d'emplois créés	85 500	62 000	87 624	59 624
Revenus tirés des options (en 1 000 USD)	10 687,5	7 750	10 953	7 453
Niveau d'impacts sur les valeurs traditionnelles	5	3	4	2
Niveau d'impact sur les conflits	5	4	4	3
Superficie par option (ha)	45 000	31 000	43 812	29 812

C'est ce tableau d'évaluation qui est utilisé pour la suite du processus d'AMCD.

CHAPITRE IX

AIDE MULTICRITÈRE ET MULTI-ACTEURS À LA CONCERTATION POUR LE RANGEMENT DES OPTIONS D'AMÉNAGEMENT DE LA ZONE DE KANDADJI

Les chapitres VII et VIII ont permis de présenter la démarche de structuration du problème d'aménagement de la vallée du Niger et ses incidences sur la biodiversité. Ces deux chapitres présentent la démarche et les résultats de l'élaboration des options, l'identification des préoccupations des acteurs ainsi que les enjeux et leur structuration sous la forme de critères et d'indicateurs, de même que l'évaluation des impacts des options par critère à partir d'un indicateur d'effet modulé par la sensibilité du milieu. Dans le présent chapitre, seront abordés successivement la formalisation des systèmes de valeurs des acteurs par la pondération des critères et le choix des fonctions et des seuils de préférence associés à ce critère. Dans un deuxième volet, le chapitre présente les résultats issus du traitement des données à partir du logiciel D-Sight. Il s'agit des rangements globaux PROMETHEE II (individuels et de groupe) et partiels PROMETHEE I (pour chaque acteur), des plans GAIA –acteurs et critères, des profils des options. Tous ces outils de visualisation sont proposés avec leur interprétation. Dans un troisième et dernier volet, une discussion sur les solutions est engagée à partir des analyses de sensibilité et de robustesse.

9.1 Formalisation des systèmes de valeur des acteurs

L'importance relative des critères est déterminée par l'échelle de valeurs de chaque acteur qui l'exprime dans le cas de la méthode PROMETHEE-GAIA par l'attribution des poids. L'intégration des jeux de poids des différents acteurs à la procédure d'agrégation des performances a permis d'identifier les convergences et les divergences des acteurs sur les options à mettre en œuvre en fonction de leur performance sur les critères.

Chaque acteur a produit un jeu de poids représentant son système de valeurs. Pour surmonter le malaise qu'avaient les acteurs à pondérer des critères, une restitution des exemples proposés dans le logiciel D-Sight, a été effectuée. Ces exemples ont permis aux acteurs de visualiser l'influence de la pondération sur le rangement des actions, en comparant une évaluation basée sur des critères également pondérés et une autre qui simulait des pondérations différentes. Avant la pondération, les acteurs étaient formés sur le sens de l'opération et sur la manière de procéder. Des ajustements ont été apportés sur la méthodologie proposée à partir des observations des acteurs qui suggéraient des procédés qui leur apparaissaient moins compliqués. Au lieu de pondérer directement les critères, les

acteurs ont été invités dans un premier temps à pondérer les catégories (tableau 9.1) en répartissant 100 points dans les différentes catégories préalablement hiérarchisées. Dans certains cas, notamment avec les acteurs ruraux, ce sont plutôt des cailloux qui ont été utilisés. Chaque acteur a ainsi fourni les informations concernant ses priorités conformément à son système de valeurs. Ensuite, chaque acteur a affecté des poids aux critères à l'intérieur de chaque catégorie selon la même logique visant à attribuer un total de 100 points (approche hiérarchisée). Ces informations sont récoltées par l'homme d'étude et intégrés au logiciel D-Sight qui calcule les poids absolus des différents critères sur une base normalisée correspondant à un total de 100. Finalement, la pondération en deux étapes a été avantageuse et a simplifié l'opération pour les acteurs, mais a aussi permis un gain de temps après la suppression de certains critères qui étaient apparus redondants au moment de l'évaluation. En effet, grâce à la fonction de normalisation, le poids du critère supprimé est réparti entre les critères d'une même catégorie au *pro rata* des poids initiaux. Cette façon de procéder permet de respecter la volonté de l'acteur et conserve ainsi l'expression de ses valeurs. Le résultat du processus est consigné à la figure 9.1 avec des numéros d'ordre attribués aux acteurs pour conserver l'anonymat de ces derniers, puisque le processus reste une simulation.

Les acteurs valorisent mieux la catégorie des critères écologiques puisqu'elle a reçu entre 40 et 50 % des poids des 8 acteurs sur 16 (50% des acteurs) (figure 9.1). Il ne semble cependant pas y avoir de différences marquées entre les critères de la catégorie économique et ceux relevant de la catégorie socioculturelle, qui reçoivent des pondérations assez similaires chez une majorité d'acteurs. Finalement, l'aménagement du territoire est la catégorie la moins valorisée chez une majorité des acteurs. Cela confirme en partie l'hypothèse émise au chapitre VIII (section 8.6.9), qui suggère que la valeur du paysage et les pertes d'opportunités d'usages ne constituent pas des enjeux majeurs au Niger en général et dans la vallée du fleuve en particulier. Cependant, les acteurs 7 et 9, accordent beaucoup d'importance à cette catégorie (voir aussi tableau 9.1). Dans tous les cas, les acteurs n'affichent pas de divergences fortes, sauf en ce qui concerne le peu d'intérêt pour la catégorie économie chez certains acteurs, à l'exception de l'acteur 15, qui devrait apparaître un peu isolé pour ce choix. Le plan GAIA-acteurs (figure 9.5) confirme ces constats.

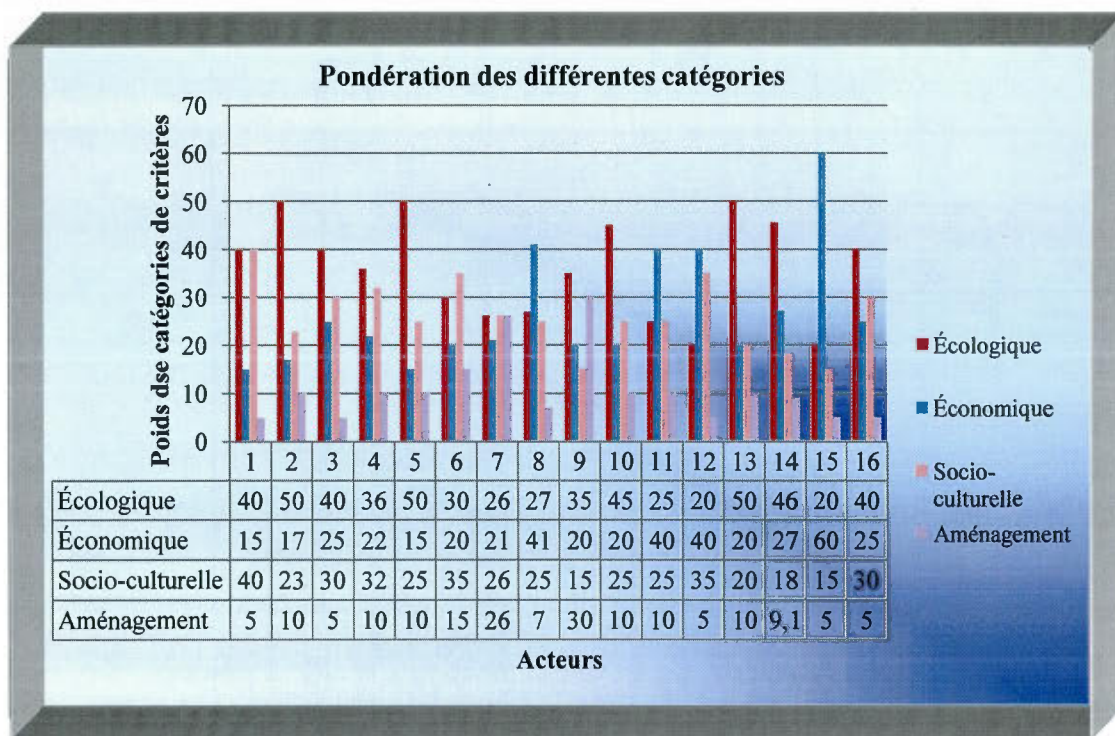


Figure 9.1 Pondération des différentes catégories par les acteurs.

Parmi les critères de la catégorie écologique (figure 9.2), celui sur les habitats (Hab) semble le mieux valorisé avec au moins 15 % du poids chez 8 des 16 acteurs mais il est suivi de près par le critère sur la biodiversité spécifique (Bsp) qui reçoit plus de 15 % chez 7 acteurs. Seuls deux acteurs attribuent 15 % ou plus du poids au critère lié à la qualité de l'eau (Eau). Les critères fortement pondérés par les acteurs devraient être surveillés quant au rangement final des options sachant que les performances des actions jouent aussi un rôle à ce niveau. On peut aussi noter une pondération exceptionnelle des critères *occupation spatiale* (Spa) et *retombées économiques* (Rec) qui reçoivent respectivement 30% du poids chez les acteurs 9 et 15. La pondération exceptionnelle des critères économiques (Écon) et d'aménagement du territoire (Amén) respectivement par les acteurs 15 et le 9, invite à surveiller l'impact de cette valorisation forte quant à la position de ces deux acteurs.

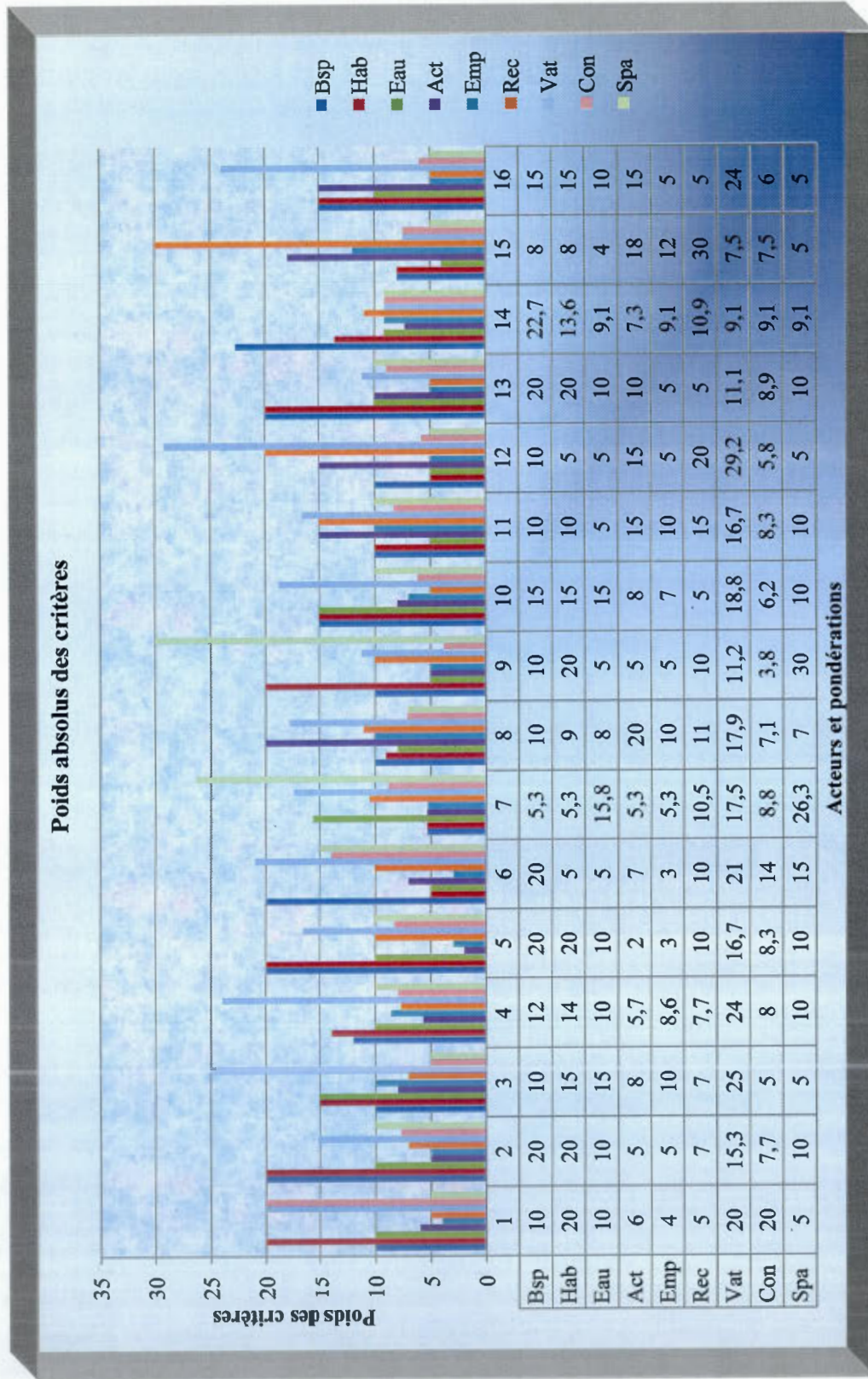


Figure 9.2 Poids absolus des critères selon les acteurs.

9.2 Choix de fonctions et seuils de préférence

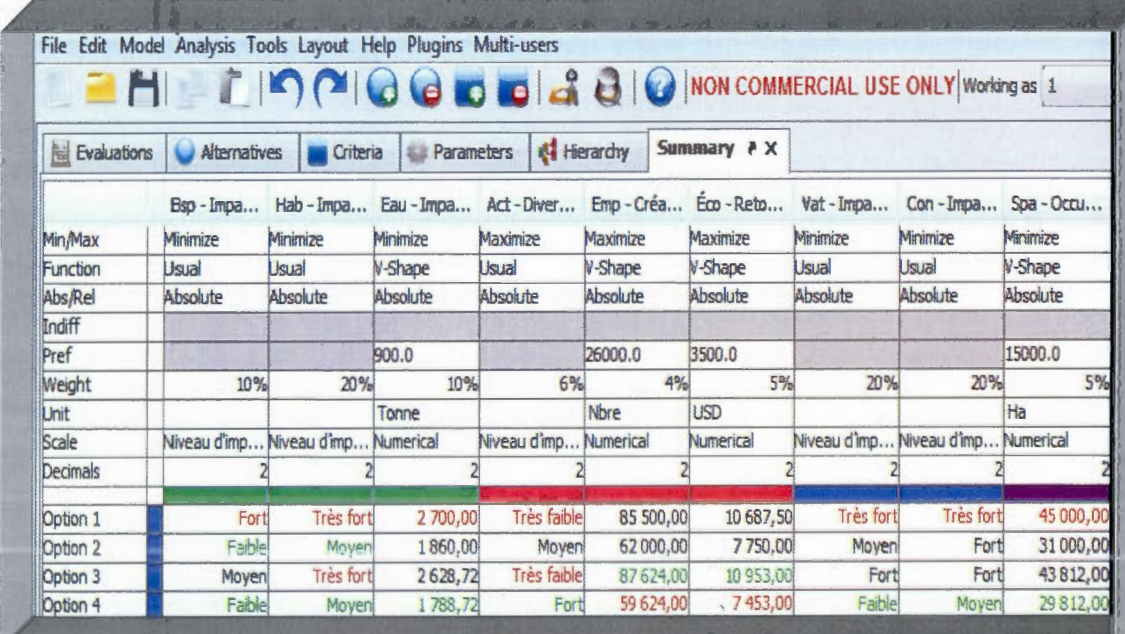
Les évaluations des critères sont faites suivant différentes échelles. L'introduction des fonctions de préférences, explicitées au chapitre V, section 5.5.4.5, permet d'éliminer tous les effets d'échelles liés aux unités dans lesquelles les critères sont exprimés. Cela permet aussi de tenir compte de l'amplitude des écarts entre les évaluations sur chaque critère. Parmi les six types de fonctions de préférence disponibles dans les méthodes PROMETHEE et GAIA, nous avons fait le choix d'en associer deux aux indicateurs utilisés:

- le critère de type usuel (vrai-critère) (type 1) pour les indicateurs qualitatifs mesurés sur des échelles ordinales, qui constituent déjà des rangements partiels sur les critères;
- le critère de type quasi-critère linéaire (en V, type 3) pour les indicateurs quantitatifs mesurés sur des échelles cardinales et représentant des mesures numériques.

Le type *vrai-critère*, qui ne permet pas de nuancer le choix, a été retenu justement pour faire ressortir le fait que toute différence dans l'évaluation des options se traduira par une préférence stricte. Dans ce cas, aucun paramètre ou seuil n'est alors nécessaire. Cela bien que les évaluations soient obtenues d'une façon qui ne soit pas toujours exempte d'arbitraire et qu'elles soient de ce fait entachées d'incertitude et/ou de mauvaise détermination si bien que la situation préférentielle résultant de la comparaison de deux actions peut ne pas être probante (Roy et Bouyssou 1993). Une analyse de sensibilité sera effectuée sur le type de fonction de préférence associée aux critères qualitatifs. Dans le cas du *quasi-critère* linéaire, un seuil de préférence reflétant le plus petit écart que l'on peut considérer comme décisif dans l'établissement de sa préférence pour une action plutôt que pour une autre a été fixé dans chaque cas. Cet écart correspond à une valeur relativement grande par rapport à l'échelle du critère. Les choix des fonctions de préférence sont conformes aux lignes directrices retenues au chapitre VI, section 6.2.4, qui guident le choix en fonction de la nature du critère (quantitative ou qualitative). C'est donc un processus technique qui nécessite une bonne connaissance du fonctionnement de la méthode d'analyse et c'est pourquoi, bien que souhaitable, nous avons limité l'interaction avec les acteurs. Ces derniers ont simplement été associés à la fixation de seuils de préférence. Enfin, conformément au principe retenu à la section 6.2.4, nous avons retenu les mêmes fonctions et seuils sur un même critère pour tous

les acteurs (voir figure 9.3). De toutes les façons, comme indiqué à la section 6.2.4, l'attribution des seuils raisonnables influence peu le rangement final. Toutefois, des choix de fonctions et de seuils de préférence feront l'objet d'analyses de sensibilité.

Les seuils de préférence sont fixés pour chaque indicateur en tenant compte de différences entre les évaluations. Il est fixé selon la pratique en considérant que pour un critère de type linéaire, la préférence entre deux actions augmente de façon linéaire jusqu'à la plus grande différence observée dans les données (la performance la meilleure moins la pire performance). Pour les quatre (4) critères auxquels sont associés la fonction de *type 3* qui nécessite uniquement un seuil de préférence, les valeurs 900; 26 000; 3 500 et 15 000 ont donc été retenues pour respectivement l'impact sur la qualité de l'eau (Eau), la création d'emplois (Emp), les retombées économiques (Rec) et l'occupation spatiale (Spa).



The screenshot shows the PROMETHEE II software interface. The 'Summary' tab is active, displaying a table with the following data:

	Bsp - Impa...	Hab - Impa...	Eau - Impa...	Act - Diver...	Emp - Créa...	Éco - Reto...	Vat - Impa...	Con - Impa...	Spa - Occu...
Min/Max	Minimize	Minimize	Minimize	Maximize	Maximize	Maximize	Minimize	Minimize	Minimize
Function	Usual	Usual	V-Shape	Usual	V-Shape	V-Shape	Usual	Usual	V-Shape
Abs/Rel	Absolute	Absolute	Absolute	Absolute	Absolute	Absolute	Absolute	Absolute	Absolute
Indiff									
Pref			900.0		26000.0	3500.0			15000.0
Weight	10%	20%	10%	6%	4%	5%	20%	20%	5%
Unit			Tonne		Nbre	USD			Ha
Scale	Niveau d'imp...	Niveau d'imp...	Numerical	Niveau d'imp...	Numerical	Numerical	Niveau d'imp...	Niveau d'imp...	Numerical
Decimals	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Option 1	Fort	Très fort	2 700,00	Très faible	85 500,00	10 687,50	Très fort	Très fort	45 000,00
Option 2	Faible	Moyen	1 860,00	Moyen	62 000,00	7 750,00	Moyen	Fort	31 000,00
Option 3	Moyen	Très fort	2 628,72	Très faible	87 624,00	10 953,00	Fort	Fort	43 812,00
Option 4	Faible	Moyen	1 788,72	Fort	59 624,00	7 453,00	Faible	Moyen	29 812,00

Figure 9.3 Matrice d'évaluation des options.

9.3 Résultats et discussion de l'analyse comparative des options

Cette section présente les résultats de l'agrégation des performances des options. Les résultats sont d'abord présentés pour le groupe puis pour certains acteurs. Dans le premier cas, seuls le rangement global (PROMETHEE II) et le plan GAIA-acteurs sont présentés alors que pour

les acteurs individuels, le rangement partiel (PROMETHEE I) qui permet d'apprécier d'éventuelles incomparabilités des options, est aussi généré. Il s'agit de cas où les forces d'une option (flux sortants) correspondent aux faiblesses d'une autre option (flux entrants) et inversement. La section présente par ailleurs les résultats portant sur l'analyse des profils des options ainsi que des analyses de sensibilité et de robustesse. Ces différentes étapes sont réalisées tel que décrit au chapitre VI, section 6.2.4.

9.3.1 Rangement global et plan GAIA multi acteurs

Le rangement global (PROMETHEE II) ne tolère aucune incomparabilité (voir 6.2.4) et classe l'option 4 (29T6) comme la plus performante selon tous les acteurs (figure 9.2). Elle est suivie des options 2 (31T6), 3 (43T6) et enfin 1 (45T1). L'analyse des scores (flux nets) montre par ailleurs que la meilleure option (29T6) se démarque par un score nettement plus élevé (0.554) de celui de la deuxième option (31T6), qui n'est que de 0.286. Toutefois, il est indispensable d'apprécier la performance des options sur les différents critères (voir 9.3.2) avant de prendre une décision de mise en œuvre.

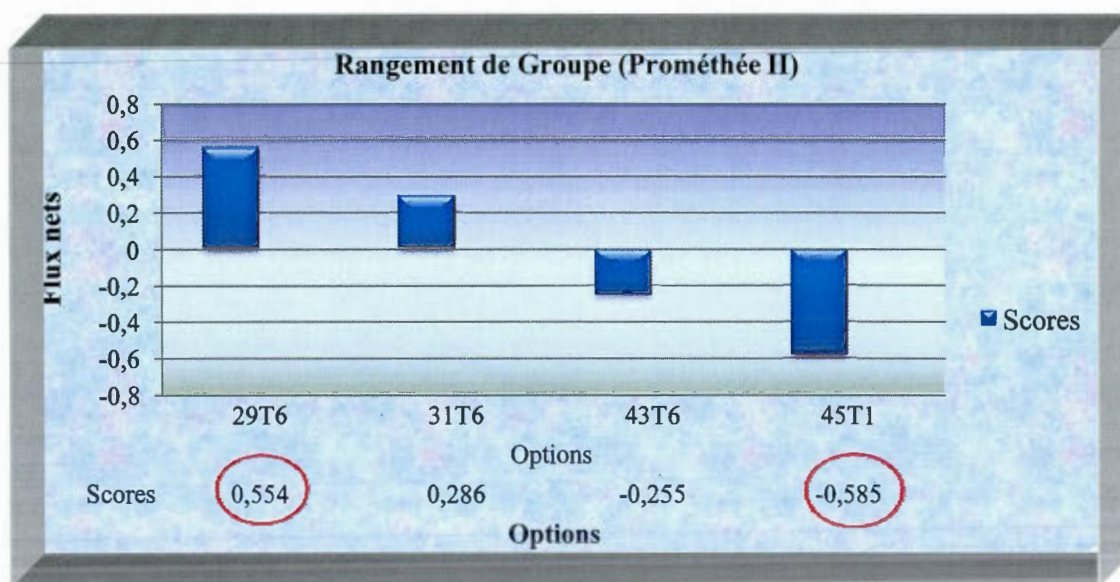


Figure 9.4 Rangement complet (PROMETHEE II) selon tous les acteurs³⁴.

³⁴ Les figures de rangement PROMETHEE II ainsi que celles portant sur les scores des options ont été réalisées à partir du logiciel Excel avec des données générées à partir du logiciel D-sight pour pallier au problème de lisibilité des graphiques.

Dans une situation réelle de prise de décision, plus souvent qu'autrement, les acteurs n'ont pas le même poids. Par exemple, un ministère a généralement plus d'influence sur la décision qu'un organisme communautaire. La question des poids relatifs des différents acteurs est un sujet devant faire l'objet d'une entente préalable. Il existe parfois des règles formelles qui fixent ces poids comme par exemples les votes à l'Assemblée générale de l'ONU. Dans le cas des tables de concertation multi acteurs devant fournir une aide à la décision à une autorité compétente responsable de la mise en œuvre d'une solution de compromis, il est d'usage de considérer que tous les acteurs autour de la table ont le même poids, sans égard au problème traité et indépendamment du pouvoir réel que chacun a par ailleurs dans la société. C'est en effet au décideur final, imputable, de faire les arbitrages en fonction des éléments d'aide à la décision qui, lui sont fournis par le processus. Pour les fins de l'analyse, les différents acteurs sont considérés comme ayant la même influence et sont pondérés également. Une simulation du poids réel pourrait faire l'objet d'une analyse de sensibilité.

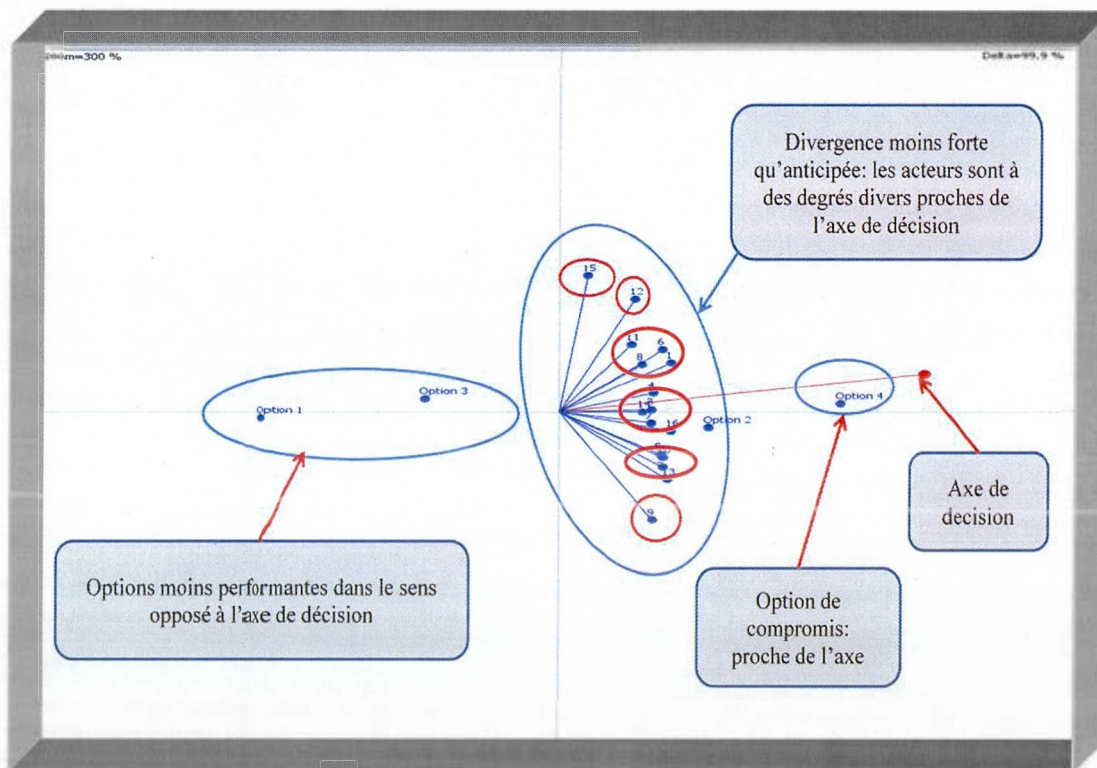


Figure 9.5 Plan GALA-acteurs.

L'analyse du plan GAIA –acteurs (figure 9.5) montre que tous les acteurs sont dans le même plan que l'axe de décision global (en rouge), indiquant que tous les participants sont généralement en accord avec le rangement obtenu. En effet, plus les participants sont regroupés autour de l'axe de décision, plus leurs préférences globales sont semblables. Ce résultat suggère une moins forte divergence des intérêts contrairement à ce qui a été retenu dans la revue de littérature. L'exercice de plusieurs activités par plusieurs membres d'un même groupe d'acteurs aurait dans ces conditions une influence positive sur la conciliation des intérêts des parties prenantes. Toutefois, les acteurs 15 et 9 et dans une moindre mesure l'acteur 12, se démarquent quelque peu des sous-groupes. Il est alors intéressant de voir leurs plans GAIA-critères respectifs pour mieux comprendre sur quels critères ils se distinguent en fonction du poids accordés aux critères (voir aussi figures 9.1 et 9.2 de la section 9.1) et/ou de la performance des options sur ces critères. Trois sous-groupes d'acteurs plus proches les uns des autres sont également observés. Le premier sous-groupe réunit les acteurs 1, 6, 8 et 11, le deuxième sous-groupe est constitué par les acteurs 4, 3, 7, 14 et 16, le troisième sous-groupe comprend les acteurs 2, 5, 10 et 13. Ces différents acteurs ont des rangements et des scores des options assez proches. Par contre, les acteurs 15 et 9 et dans une moindre mesure l'acteur 12 ont des rangements ou à tout le moins attribuent des scores différents de ceux des autres acteurs (figure 9.15).

On peut, par ailleurs, relever que les axes de plusieurs acteurs sont courts, traduisant des positions prudentes manifestées par des jeux de poids plus ou moins équilibrés entre les différents critères. L'opposition de l'axe de décision et des acteurs avec les options 45T1 et 43T6 traduit une faible performance de ces dernières sur les valeurs communes aux acteurs (voir sous-section 9.3.2).

Enfin, l'information présentée par le plan GAIA est fiable puisque la valeur du delta est de 99,9%.

9.3.2 Profils des options

Les profils permettent d'apprécier graphiquement les forces et les faiblesses des options sur les critères (figure 9.6 à 9.9) ou sur les catégories de critères (figure 9.11). Pour plus de lisibilité des graphiques, des codes de couleurs sont attribués aux différentes catégories. La

couleur verte est attribuée aux critères écologiques qui sont rangés de la gauche vers la droite, *l'impact sur la biodiversité spécifique* (Bsp), *l'impact sur les habitats naturels* (Hab) et *l'impact sur la qualité de l'eau* (Eau). Les critères économiques sont en rouge et sont de la gauche vers la droite, *la diversification des activités économiques* (Act), *la création d'emplois* (Emp) et *les retombées économiques* (Rec). La couleur bleue matérialise les critères socioculturels, montrant de la gauche vers la droite *l'impact sur les valeurs traditionnelles* et *l'impact sur les conflits*. Ils sont suivis par *l'occupation spatiale* qui est un critère d'aménagement du territoire en couleur violette. Par contre dans les graphiques 9.10 et 9.11, qui correspondent à une représentation des profils en toile d'araignée, ce sont les options qui sont matérialisées par des codes de couleurs. L'option 45T1 est en rouge, la 31T6 en bleu, la 43T6 en vert et enfin l'option 29T6 en jaune.

On peut ainsi voir que l'option 1 (45T1) n'est performante que sur deux critères économiques (Emp et Rec) sur lesquels elle est d'ailleurs supplantée par l'option 3. Cette dernière, comparée aux autres options, a aussi des faiblesses sur tous les autres critères sauf sur les retombées économiques (Rec) pour lesquelles elle est la meilleure option des quatre (4) analysées.

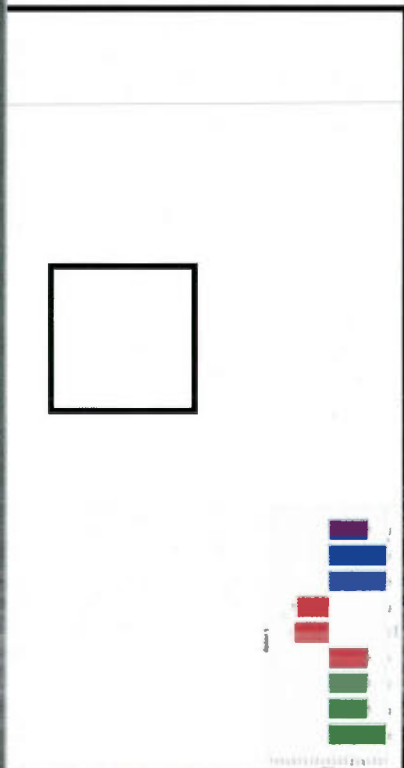


Figure 9.6 Profil de l'option 45T1.

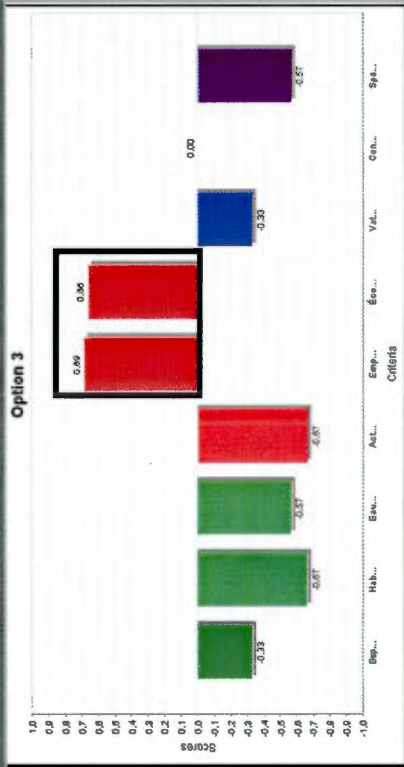


Figure 9.8 Profil de l'option 43T6.

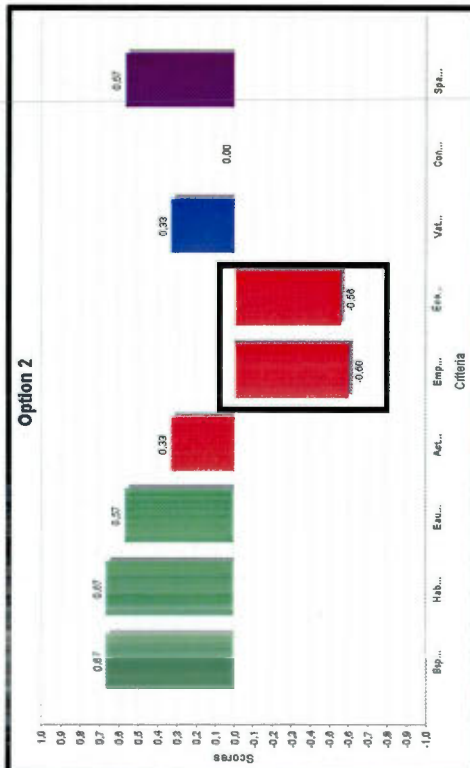


Figure 9.7 Profil de l'option 31T6.

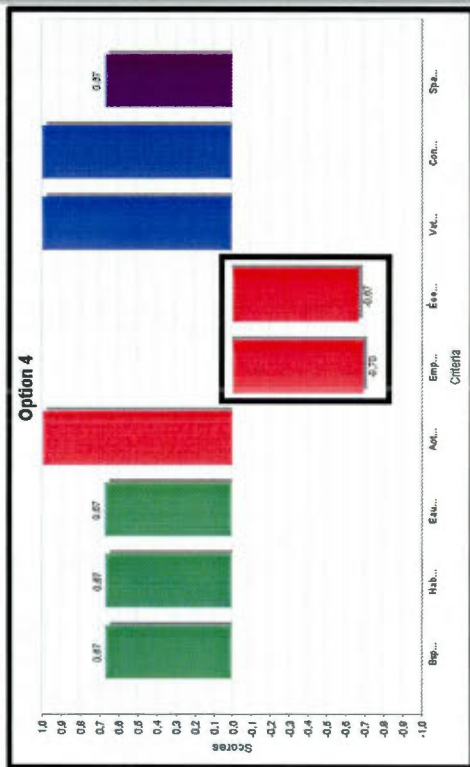


Figure 9.9 Profil de l'option 29T6.

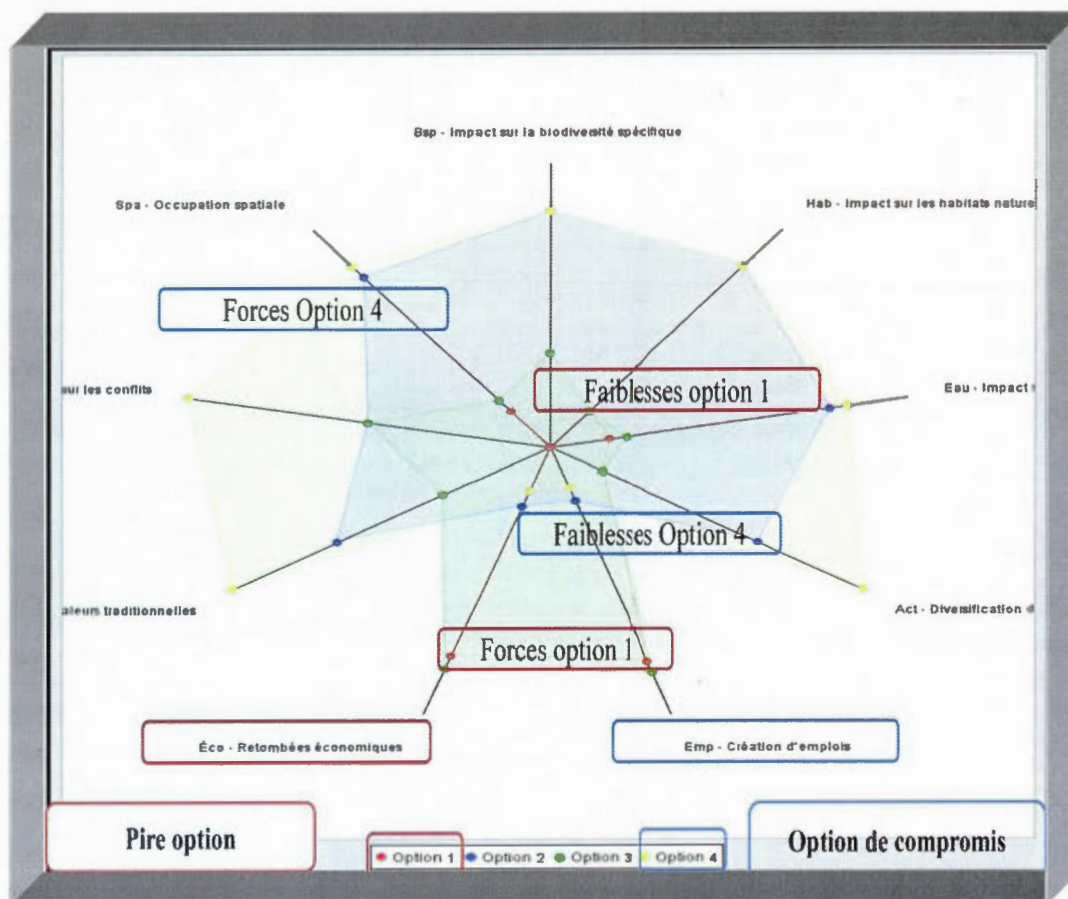


Figure 9.10 Profils comparés des options selon les critères.

Les options 29T6 et 31T6 qui arrivent en tête du classement de groupe, sont performantes sur les critères écologiques, socioculturels et d'aménagement du territoire. L'option 29T6 a une performance maximale sur les critères socioculturels (Vat et Con). Elle est par ailleurs la plus performante sur le critère de diversification des activités économiques (Act) tout en étant la pire en termes de création d'emplois (Emp) et de retombées économiques (Rec).

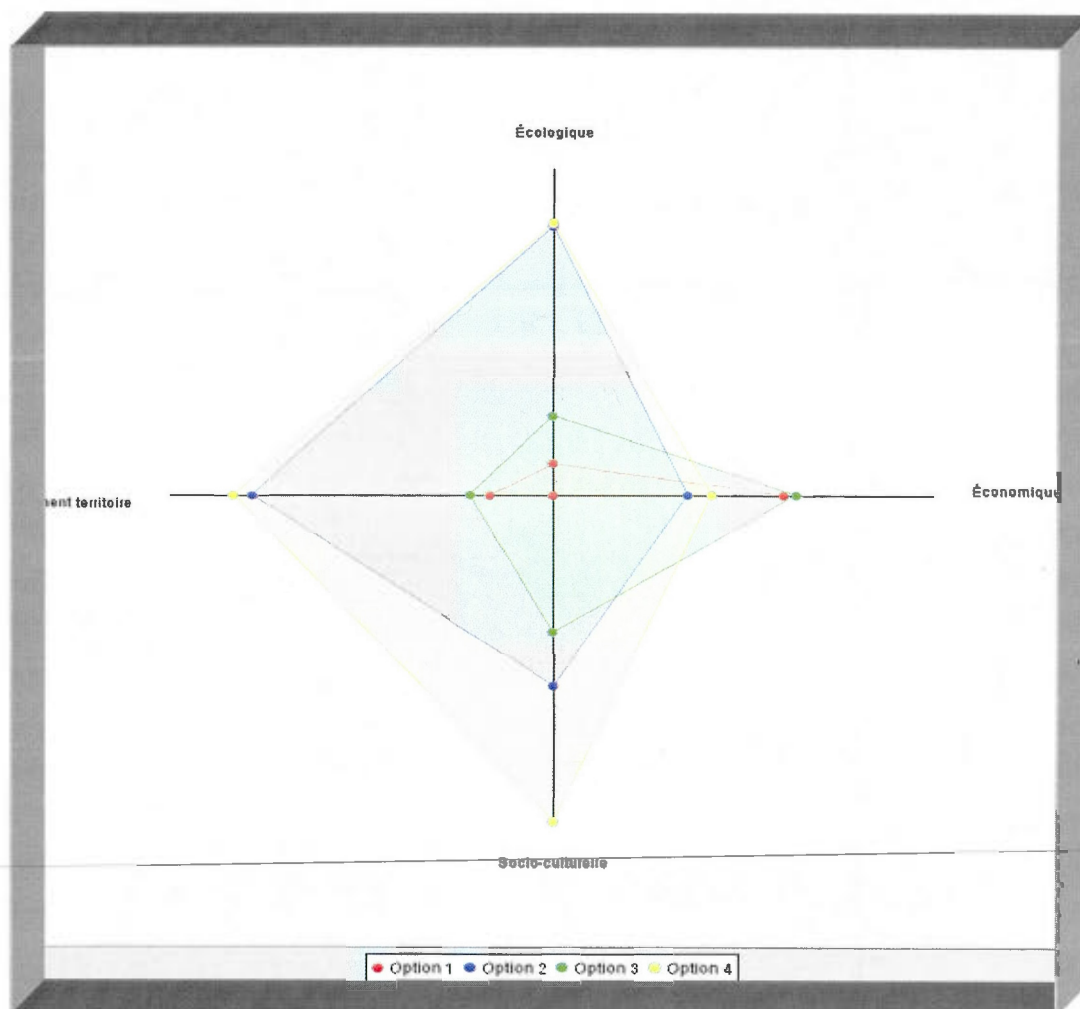


Figure 9.11 Profils comparés des options selon les catégories de critères.

Les faiblesses de l'option 4 (29T6), qui fait consensus sur la création d'emplois (Emp) et les retombées économiques (Rec) sont particulièrement manifestes à la figure 9.12 qui présente une comparaison de 29T6 aux autres options et qui montre qu'elle est dominée sur les critères précités (encadrés rouges).

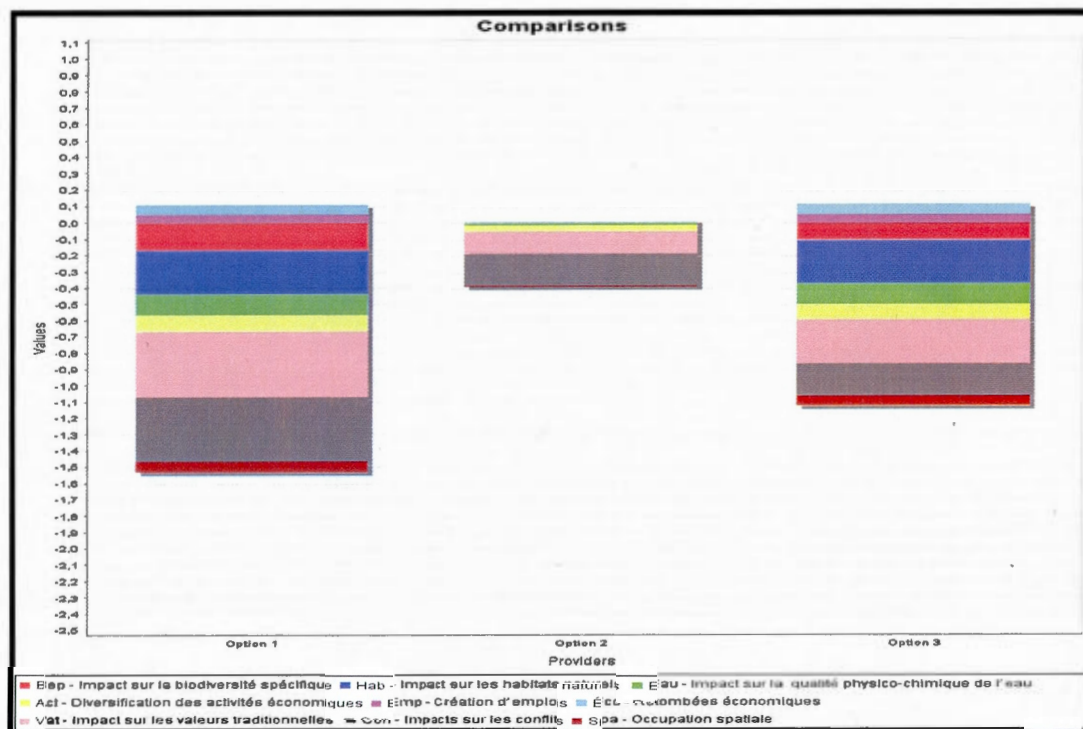


Figure 9.12 Comparaison de l'option 4 aux trois autres options.

Mais, même la *plus faible* option peut, sur certains critères, supplanter celle qui apparaît comme étant la *meilleure*. Ainsi, l'option 45T1 à un degré de préférence de 0.086 sur l'option 29T6 (figure 9.13). Aussi, au terme de *meilleure* option, nous préférons désormais celui d'option de *compromis*.

All to One Preference Degrees				
	Option 1	Option 2	Option 3	Option 4
Option 1	0,000	0,078	0,000	0,086
Option 2	0,900	0,000	0,688	0,008
Option 3	0,519	0,085	0,000	0,090
Option 4	0,910	0,472	0,900	0,000

Figure 9.13 Matrice du degré de préférence entre les options.

Scores des options selon les différents acteurs

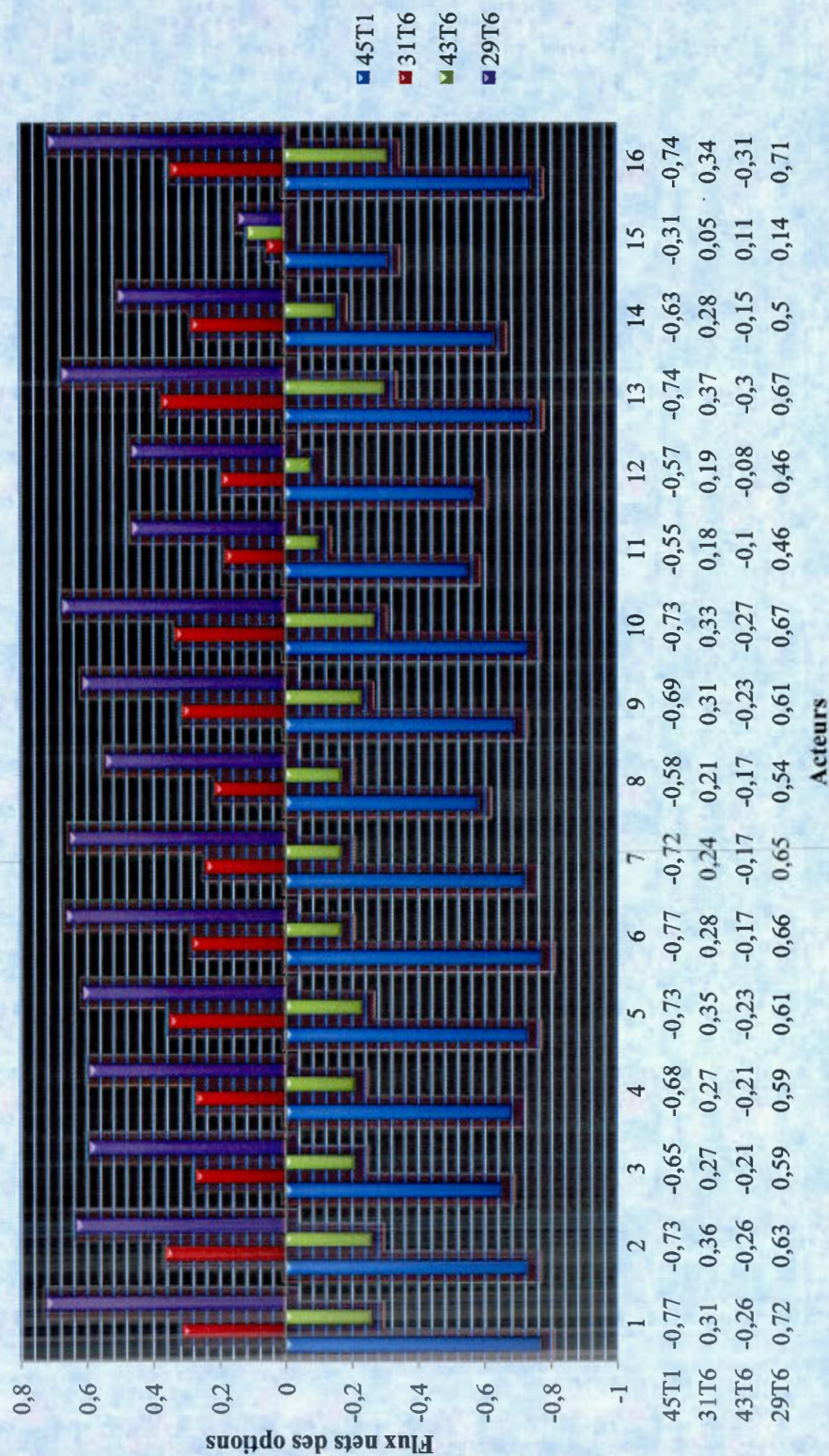


Figure 9.14 Scores (flux nets) des options selon les acteurs.

L'analyse des scores (flux nets) des options (figure 9.14) assez proches chez les différents acteurs expliquent leurs positions sur le plan GAIA-acteurs. Cela traduit des préférences et des valeurs assez proches. Seul l'acteur 15 se démarque des autres. Il est intéressant alors de comparer son rangement avec celui des autres acteurs. La section 9.3.3 traite de cette analyse comparée.

9.3.3 Rangements des options par les acteurs 15 et 1

Cette sous-section traite des rangements des acteurs 15 et 1 dans un esprit de comparaison de leurs résultats avec ceux de l'ensemble du groupe.

9.3.3.1 *Rangement de l'acteur 15*

L'analyse du rangement PROMETHEE II de cet acteur montre qu'il place, tout comme le groupe, l'option 29T6 en premier avec cependant le pire score (flux net) comparé aux scores résultant des rangements des autres acteurs. Le rangement de 29T6 n'est pas une grande surprise puisque l'acteur est dans le même plan graphique que les autres acteurs. Mais, à la différence des quinze autres, l'acteur 15 classe l'option 43T6 en deuxième position (figure 9.15). Les options 43T6 et 31T6 ont des scores (flux nets) assez proches et en ce sens elles sont quasi indifférentes. Par ailleurs, le rangement partiel, PROMETHEE I (figure 9.16) permet aussi d'identifier une certaine incomparabilité; le flux sortant (forces) de l'une est légèrement supérieur au flux sortant de l'autre et inversement pour les flux entrant (faiblesses).

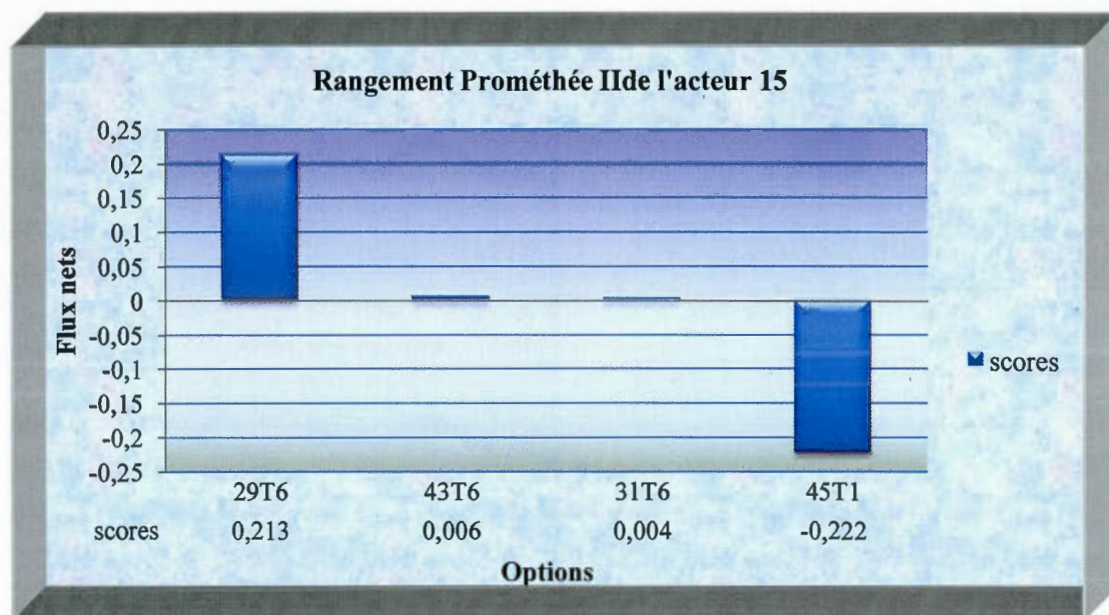


Figure 9.15 Rangement complet (PROMETHEE II) de l'acteur 15.

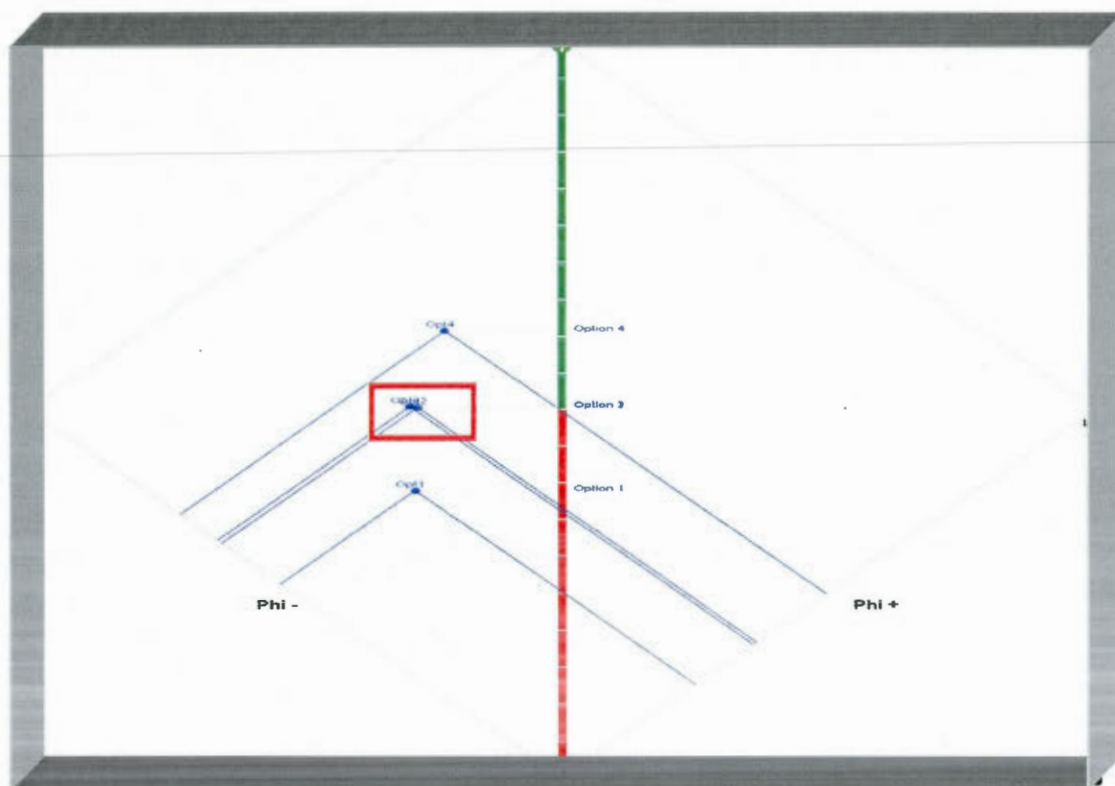


Figure 9.16 Rangement partiel (PROMETHEE I) de l'acteur 15.

9.3.3.2 Rangement de l'acteur 1

L'analyse des scores (flux nets) des options chez l'acteur 1 montre qu'il a des résultats semblables à ceux du groupe. Conséquemment, il a un rangement à tous points de vue conforme à celui du groupe et les options occupent les mêmes rangs (figure 9.17) mais avec des valeurs de flux nets différentes.

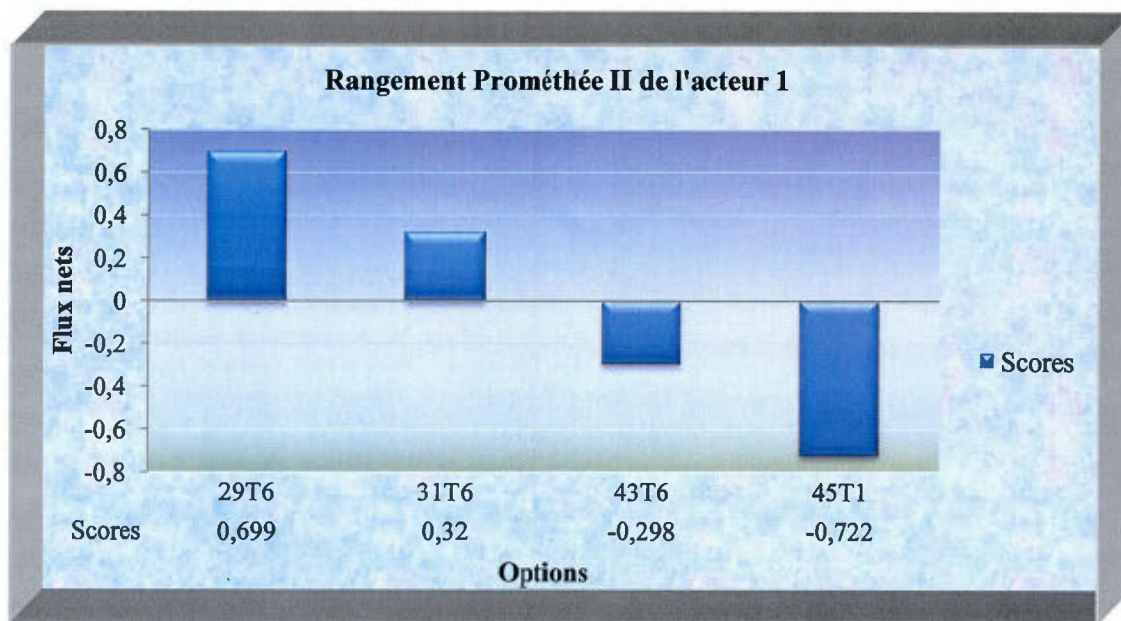


Figure 9.17 Rangement complet (PROMETHEE II) de l'acteur 1.

Le rangement PROMETHEE I (figure 9.18) ne montre aucune incomparabilité, contrairement à celui de l'acteur 15. Les flux sortants (forces) et entrants (faiblesses) sont parfaitement emboîtés pour chacune des options par rapport aux autres.

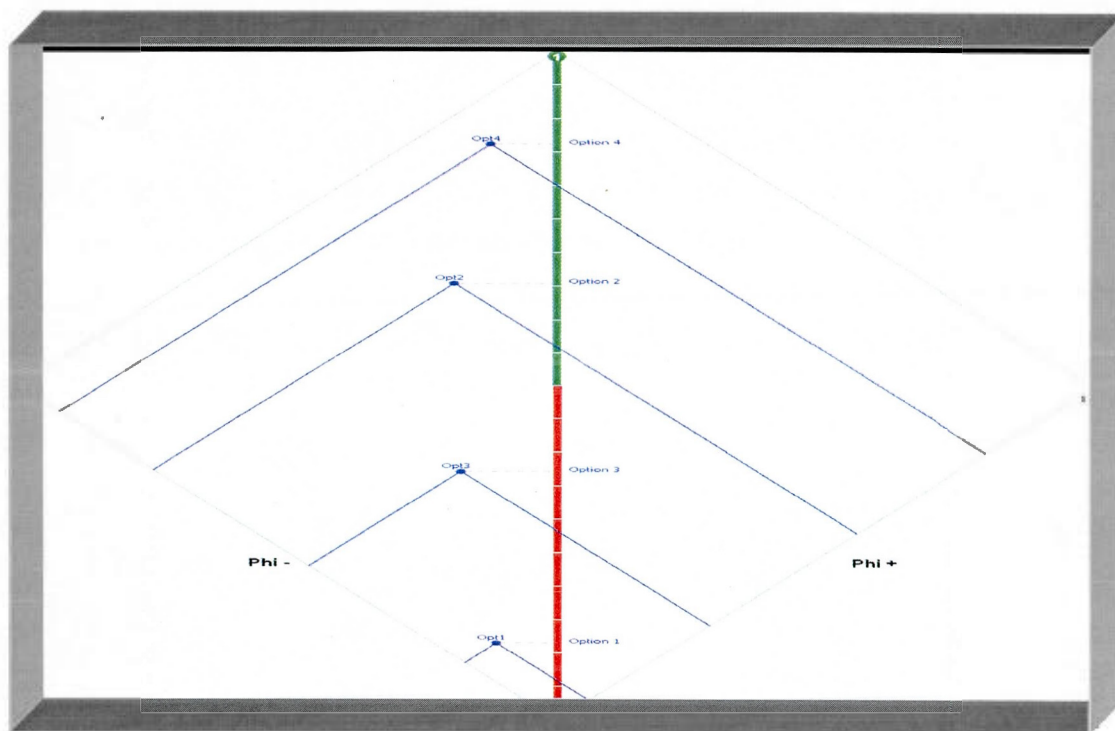


Figure 9.18 Rangement partiel (PROMETHEE I) acteur 1.

9.3.4 Plan GAIA-critères

Le plan GAIA-critères n'est pas affecté par les pondérations différenciées des acteurs. Par contre, l'axe de décision π (π_i) est affecté par les poids des critères, et sa position permet d'identifier les critères déterminant la décision de chaque acteur. La figure 9.19 illustre le plan GAIA-critères selon le point de vue de l'acteur 1.

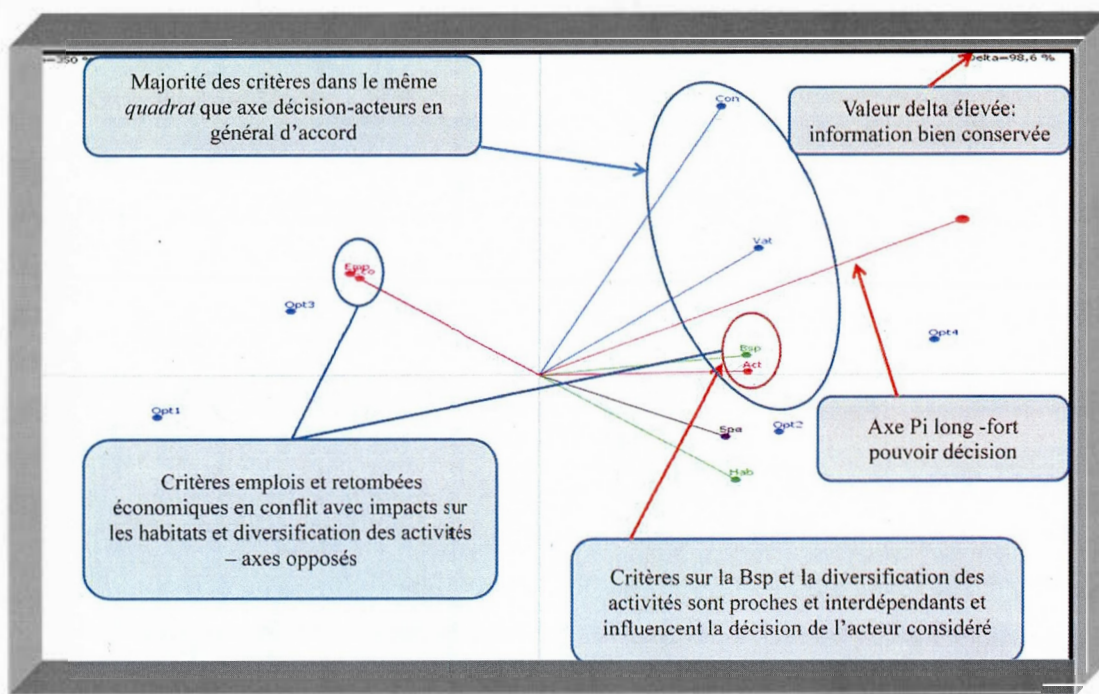


Figure 9.19 Plan GAIA critères (acteur 1).

La valeur delta (en haut à droite) est de 98.6%, elle est donc très élevée et indique que l'information a été presque entièrement conservée lors du passage de l'hyper espace (relié aux dimensions des critères) à une projection dans un plan (deux dimensions). Dans ce cas, les informations tirées de cet outil descriptif sont donc précises. Par ailleurs, les axes pi étant longs, ils illustrent des pouvoirs de décision élevés.

La majorité des critères sont dans le même quadrat que l'axe de décision, ce qui indique que les acteurs sont en général d'accord et partagent plusieurs valeurs. Cela confirme donc l'information du plan GAIA-acteurs.

Par ailleurs, plusieurs critères sont proches et interdépendants. C'est le cas de la biodiversité spécifique (Bsp) et la diversification des activités économiques (Act) ainsi que la qualité de l'eau (Eau) et l'occupation spatiale (Spa) et dans une moindre mesure, l'impact sur les habitats (Hab). Cette situation suggère une potentielle redondance entre les critères et fera l'objet d'une analyse de sensibilité en désactivant certains critères pour examiner l'impact sur les rangements.

La création d'emplois (Emp) et les retombées économiques (Rec) sont aussi potentiellement redondantes et sont en conflit avec la majorité des critères, particulièrement avec l'impact sur les habitats (Hab) et la diversification des activités économiques (Act), les axes des critères étant pointés en sens opposés. Toute action performante sur ces derniers critères sera faible sur les autres critères.

Au regard de la position de l'axe pi de l'acteur 1, on relève que ce sont surtout les critères liés à la biodiversité spécifique (Bsp), à la qualité de l'eau (Eau), à l'occupation spatiale (Spa) et aux valeurs traditionnelles (Vat) qui influencent sa décision. Pour le cas de l'acteur 15, ce sont plutôt les critères liés aux revenus (Rec), aux emplois (Emp) et aux conflits (Con) qui déterminent sa décision. Cela est conforme à la deuxième place attribuée à l'option 43T1 qui a les meilleurs scores unicritères sur les emplois (Emp) et les retombées économiques (Rec) (figure 9.20).

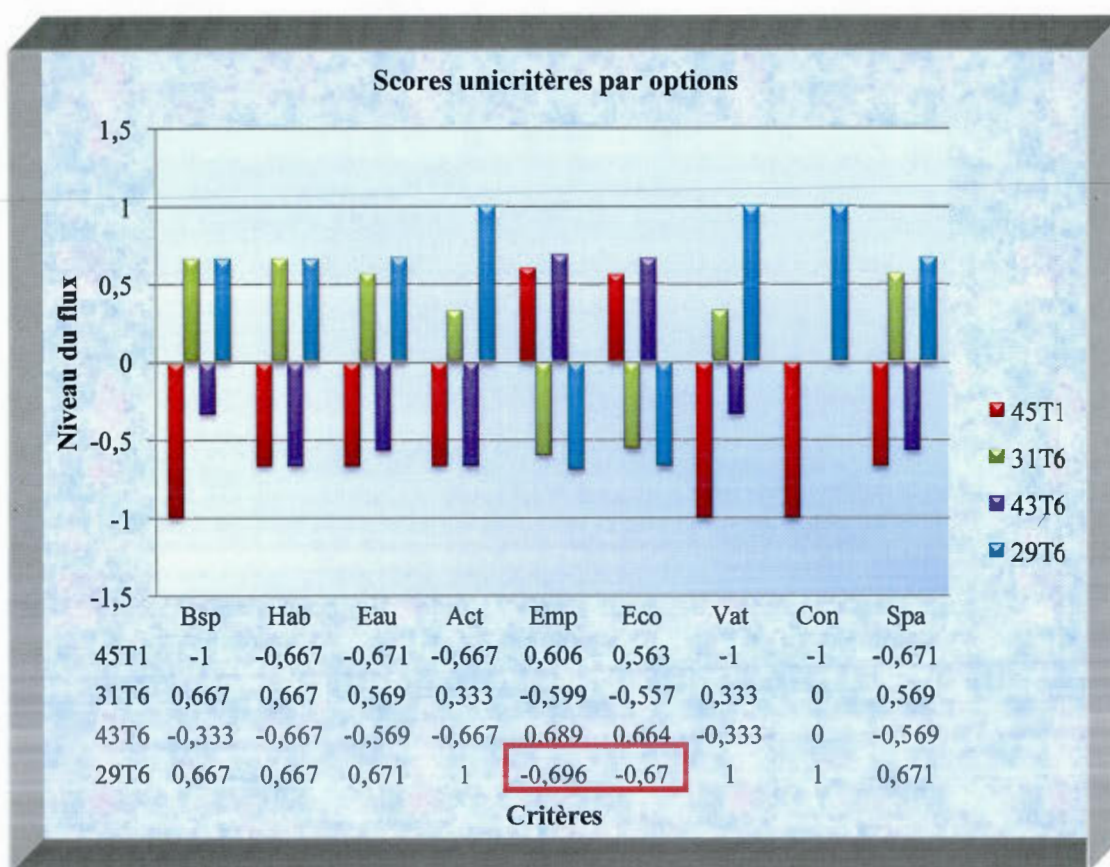


Figure 9.20 Scores unicritères par option.

9.3.5 Analyses de sensibilité et de robustesse

Les analyses de sensibilité (voir section 5.5.4.5 et 6.2.4) c'est-à-dire la variation de certains paramètres pour voir leur influence sur les résultats sont réalisées sur l'attribution des mêmes jeux de poids par tous les acteurs, des modifications de poids des critères sensibles sur ces paramètres. Elles ont en outre porté sur le changement de types des fonctions de préférences des critères qualitatifs de même que sur la désactivation (exclusion des analyses) de certains critères qui paraissent redondants (voir section 9.3.4).

9.3.5.1 Sensibilité aux mêmes jeux de poids pour chaque acteur

L'attribution des mêmes poids par tous les acteurs n'a pas beaucoup d'influence sur les résultats puisque le rangement reste le même que dans le cas des poids différents; seuls les scores (flux nets) obtenus par les différentes options sont modifiés. Les meilleures options (29T6 et 31T6) ont des scores qui baissent légèrement tandis que les pires options (43T6 et 45T1) ont des scores qui s'améliorent (figure 9.21). Bien entendu, tous les rangements individuels sont exactement pareils et semblables à celui du groupe quel que soit l'acteur considéré, puisque les données correspondant aux évaluations des options, aux types de fonctions et des seuils de préférences sont partagées par tous les acteurs dans le cadre de cette étude.

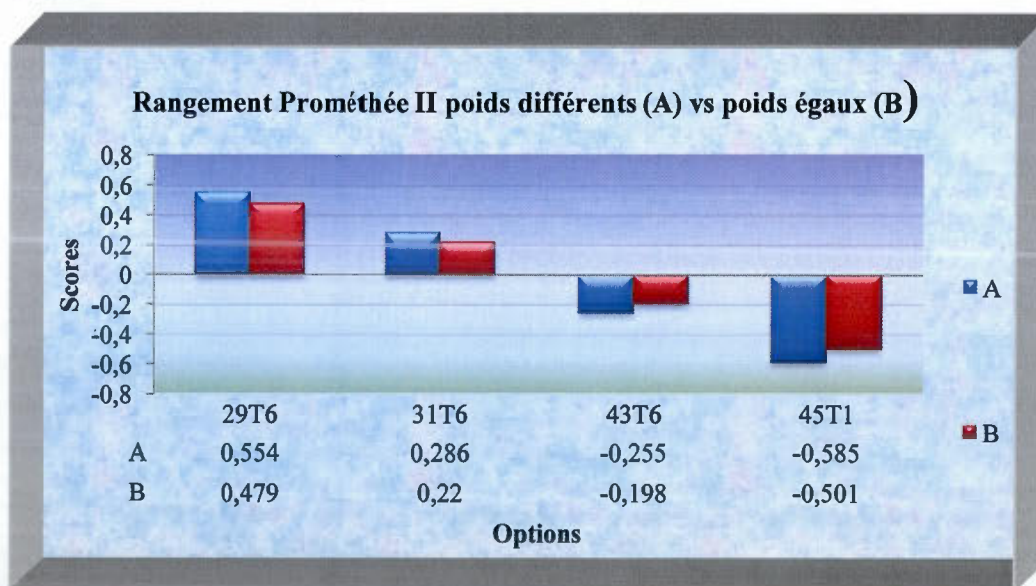


Figure 9.21 Rangements comparés avec poids différents VS poids égaux.

9.3.5.2 Sensibilité à un changement des poids des acteurs isolés du groupe (15, 12 et 9) pour un niveau de stabilité d'ordre 1.

Pour un niveau de stabilité d'ordre 1 (voir section 6.24), seuls les critères créations d'emplois (Emp) et retombées économiques (Rec) ont des intervalles de stabilité des poids légèrement sensibles (figure 9.22) chez les trois acteurs identifiés. De ce fait, des variations des poids de ces deux critères induisent des légers changements sur les rangements globaux (PROMETHEE II) des acteurs cibles.

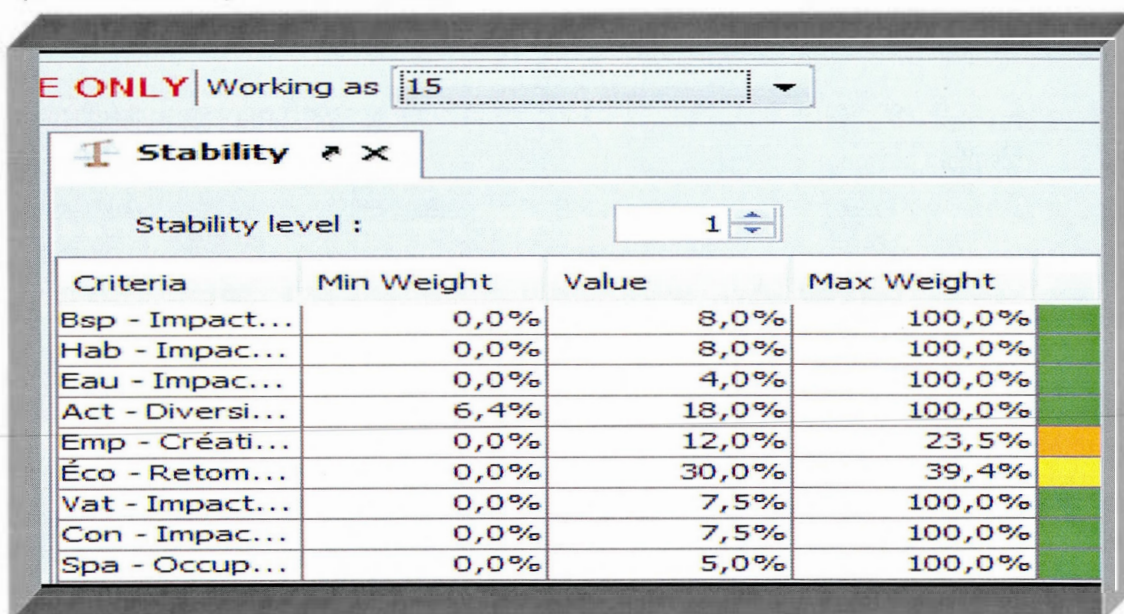


Figure 9.22 Intervalles de stabilité des poids de niveau 1 de l'acteur 15.

Au niveau de l'acteur 15, dès que le poids attribué à la création d'emplois passe de 12 % à 24 % (figure 9.23) ou que celui des retombées économiques passe de 30 à 40 %, l'option 43T6 devient première et supplante très légèrement l'option 29T6.

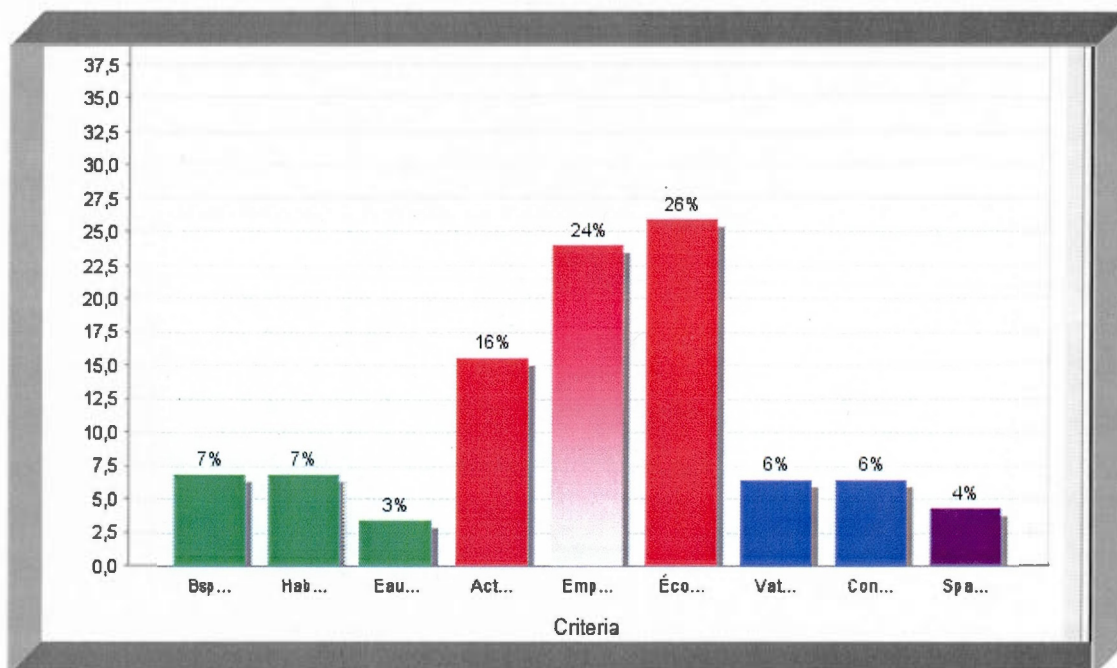


Figure 9.23 "Walking Weights" de l'acteur 15 (niveau de stabilité d'ordre 1).

Au niveau de l'acteur 9, lorsque le poids attribué aux retombés économiques (Rec) passe de 10 à 46%, l'option 43T6 devient première et supprime très légèrement l'option 29T6. Le même phénomène se produit chez l'acteur 12, lorsque le poids des retombées économiques (Rec) passe de 20 à 47%. Il est à noter que de telles différences d'environ 30 % dans les évaluations du poids d'un critère sont très peu probables.

L'inversion des rangs des options chez les acteurs isolés n'a par contre aucun impact sur le rangement complet du groupe. Des modifications légères sur les poids des trois acteurs (15, 12 et 9) n'ont pas d'influence sur la solution qui peut dès lors être considérée comme stable.

9.3.5.3 Sensibilité à un changement des poids des acteurs isolés du groupe (15, 12 et 9) pour un niveau de stabilité d'ordre 2.

Pour un niveau de stabilité d'ordre 2, presque tous les critères ont des intervalles de stabilité des poids très sensibles (figure 9.24) chez l'acteur 15. Par contre, seuls les critères liés aux emplois (Emp) et aux revenus (Rec) ont des intervalles de stabilité légèrement sensibles chez les acteurs 12 et 9.

Stability level : <input type="text" value="2"/>				
Criteria	Min Weight	Value	Max Weight	
Bsp - Impact...	0,0%	8,0%	8,1%	
Hab - Impac...	0,0%	8,0%	8,1%	
Eau - Impac...	0,0%	4,0%	4,1%	
Act - Diversi...	6,4%	18,0%	18,1%	
Emp - Créati...	11,9%	12,0%	23,5%	
Éco - Retom...	29,9%	30,0%	39,4%	
Vat - Impact...	0,0%	7,5%	7,7%	
Con - Impac...	0,0%	7,5%	100,0%	
Spa - Occup...	0,0%	5,0%	5,1%	

Figure 9.24 Intervalles de stabilité des poids de niveau 2 de l'acteur 15

Pour le cas de l'acteur 15, dès que le poids de l'impact sur la biodiversité spécifique (Bsp) passe de 8 à 9 % (figure 9.25), l'option 31T6 supplante légèrement l'option 43T6 et prend la deuxième position.

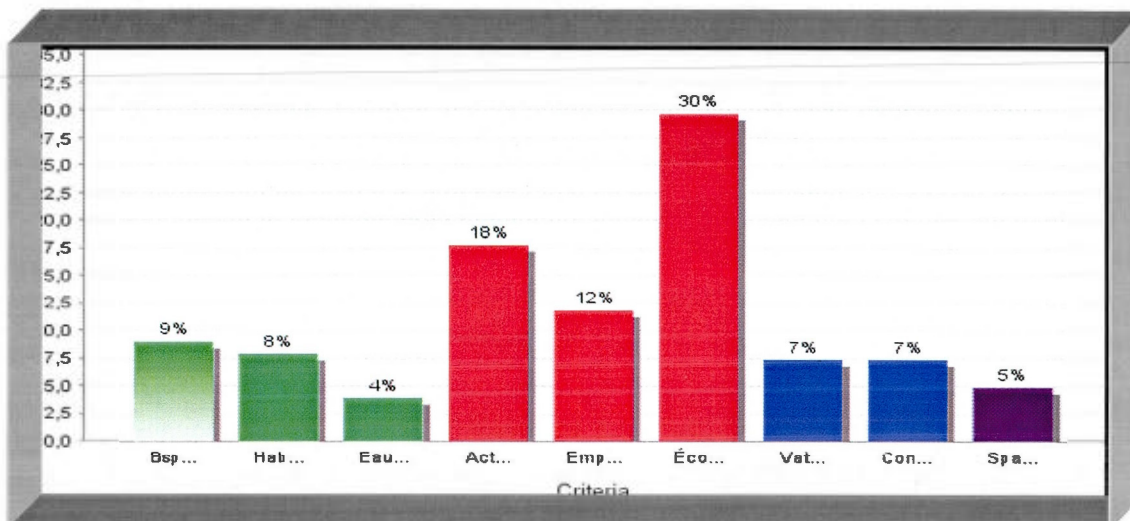


Figure 9.25 "Walking Weights" de l'acteur 15 (niveau de stabilité d'ordre 2).

Pour l'acteur 12 lorsque le poids des retombées économiques (Rec) passe de 20 à 37 %, l'option 43T6 supplante légèrement l'option 31T6. Par contre, dans le cas de l'acteur 9 c'est seulement en faisant varier les poids relatifs à la création des emplois (Emp) de 5 à 40 % que l'option 43T6 supplante légèrement l'option 31T6. Chez les deux acteurs, l'option 29T6 reste

première, conséquemment, les permutations observées chez les trois acteurs isolés ne modifient pas le rangement complet du groupe pour un niveau de stabilité d'ordre 2 (figure 9.27).

9.3.5.4 Sensibilité à la désactivation de certains critères

L'analyse du plan GAIA-critères (voir section 9.3.4) montre une potentielle redondance entre certains critères. Une analyse de sensibilité est donc réalisée par la désactivation du critère en lien avec la diversification des activités économiques (Act) de même que celui en lien avec la qualité de l'eau qui est superposé au critère *occupation spatiale* (Spa) dans le plan GAIA-critères. Après cette opération, l'analyse du rangement complet (PROMETHEE II) du groupe montre que celui-ci reste inchangé, avec dans l'ordre de préférence, les options 29T6, 31T6, 43T6 et 45T1 (figure 9.27).

9.3.5.5 Sensibilité par rapport aux changements de type des fonctions de préférence

La fonction usuelle retenue pour les critères qualitatifs (voir 9.2) ne permet pas de nuancer les évaluations entre les options. Aussi, conformément aux lignes directrices établies pour fixer le type de fonction de préférence (voir 6.2.4), nous testons l'impact du type de critères à paliers (type 4), qui est associé à des seuils d'indifférence et de préférence. Les seuils d'indifférence et de préférence retenus dans ce cas, sont respectivement de 1,5 et de 2,5 (figure 9.26). Dans ce cas, un écart d'un niveau donnerait lieu à une indifférence, un écart de deux niveaux donnerait lieu à une préférence faible et un écart de trois niveaux ou plus à une préférence stricte. Après la révision des fonctions de préférence, le rangement du groupe reste stable même si les scores des options 29T6 et 31T6, classées en tête se dégradent tandis que les pires options (45T1 et 43T6) améliorent sensiblement les leurs (figure 9.27)

The screenshot shows a software window with a menu bar (File, Edit, Model, Analysis, Tools, Layout, Help, Plugins, Multi-users) and a toolbar. Below the toolbar is a tabbed interface with tabs for Evaluations, Alternatives, Criteria, Parameters, Hierarchy, and Summary. The Summary tab is active, displaying a performance matrix. The matrix has columns for different scenarios (Bsp - Impa..., Hab - Impa..., Eau - Impa..., Act - Diver..., Emp - Créa..., Éco - Reto..., Vat - Impa..., Con - Impa..., Spa - Occu...) and rows for various criteria (Min/Max, Function, Abs/Rel, Indiff, Pref, Weight, Unit, Scale, Decimals, and four options). The data is color-coded: green for 'Fort' (Strong), red for 'Très fort' (Very strong), grey for 'Très faible' (Very weak), blue for 'Faible' (Weak), and purple for 'Moyen' (Average).

	Bsp - Impa...	Hab - Impa...	Eau - Impa...	Act - Diver...	Emp - Créa...	Éco - Reto...	Vat - Impa...	Con - Impa...	Spa - Occu...
Min/Max	Minimize	Minimize	Minimize	Maximize	Maximize	Maximize	Minimize	Minimize	Minimize
Function	Usual	Usual	V-Shape	Usual	V-Shape	V-Shape	Usual	Usual	V-Shape
Abs/Rel	Absolute	Absolute	Absolute	Absolute	Absolute	Absolute	Absolute	Absolute	Absolute
Indiff									
Pref			900.0		26000.0	3500.0			15000.0
Weight	13,33%	26,67%	0%	0%	6,67%	8,33%	20%	20%	5%
Unit			Tonne		Nbre	USD			Ha
Scale	Niveau d'imp...	Niveau d'imp...	Numerical	Niveau d'imp...	Numerical	Numerical	Niveau d'imp...	Niveau d'imp...	Numerical
Decimals	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Option 1	Fort	Très fort	2 700,00	Très faible	85 500,00	10 687,50	Très fort	Très fort	45 000,00
Option 2	Faible	Moyen	1 880,00	Moyen	62 000,00	7 750,00	Moyen	Fort	31 000,00
Option 3	Moyen	Très fort	2 628,75	Très faible	87 624,00	10 953,00	Fort	Fort	43 812,00
Option 4	Faible	Moyen	1 788,75	Fort	59 624,00	7 453,00	Faible	Moyen	29 812,00

Figure 9.26 Matrice des performances avec paramètres révisés.

9.3.5.6 Sensibilité par rapport aux changements de type des fonctions de préférence

Les analyses de sensibilité, sur les poids, sur les évaluations des critères, de même que sur les fonctions et seuils de préférences démontrent une stabilité des résultats. Les modifications simultanée des types de fonction sur les critères qualitatifs pour passer d'une fonction de type usuel à une fonction de type 4, la désactivation (exclusion de l'analyse) des critères *Act* et *Eau* et la révision des jeux des poids des acteurs 15, 12 et 9 pour un niveau de stabilité d'ordre 2, montrent une robustesse des résultats de l'analyse qui place toujours l'option 29T6 en première position. Les rangements ne changent pas, même si les scores (flux nets) varient quelque peu (figure 9.27). Cela démontre une assez forte cohésion des acteurs autour des valeurs communes de conservation de la biodiversité. Par contre, il est intéressant de constater que les options 31T6 et 43T6 peuvent faire l'objet d'inversions de rangs dans certaines conditions tout en ayant toutes les deux des scores (flux nets) nettement inférieurs à celui de l'option 29T6. La survalorisation des critères économiques pour l'acteur 15 aboutit à

un classement complètement différent pour cet acteur, qui voit l'option 43T6 première et l'option 29T6 reléguée à la deuxième place tout ayant un score proche de la première.

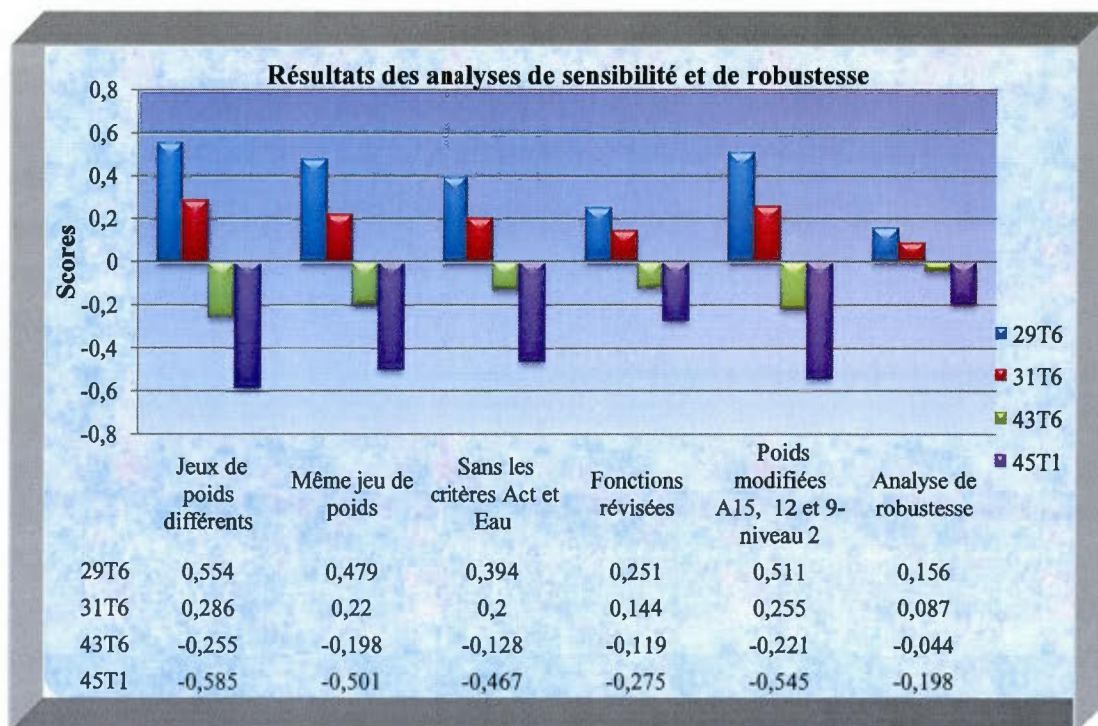


Figure 9.27 Résultats des analyses de sensibilité et de robustesse.

À l'issue du processus d'évaluation multicritère en contexte multi acteurs des options d'aménagement de la zone du programme Kandadji, l'option 29T6 se positionne comme celle du consensus entre les seize (16) membres du processus de négociation. Cette option consacre la minimalisation des superficies agricoles et la promotion de l'exploitation rationnelle du bassin fluvial à travers une utilisation modérée des ressources naturelles avec la pleine participation de tous les acteurs.

9.4 Discussion générale et recommandations

Les contributions de la recherche peuvent être catégorisées en deux principaux volets. Le premier volet porte sur la revue critique de la littérature en lien avec la situation des bassins fluviaux ouest-africains, particulièrement celui du Niger, la situation et les enjeux de la conservation de la biodiversité et les méthodes et outils d'évaluation environnementale pertinents pour une meilleure conservation de la biodiversité lors des aménagements

fluviaux. Le second volet des apports de la recherche porte sur les résultats méthodologiques pour l'utilisation d'un processus d'évaluation environnementale stratégique avec l'AMCD en contexte multi acteurs comme outil de mise en œuvre.

9.4.1 Discussion par rapport aux contributions théoriques de la recherche

La revue de littérature a donné lieu dans un premier temps à un cadrage théorique qui a permis de faire les liens et de relever les impacts des aménagements fluviaux sur la biodiversité. Dans un second temps, l'intérêt des outils d'évaluation environnementale et d'AMCD pour concilier l'aménagement des bassins fluviaux et la conservation de la biodiversité a été mis en évidence. Malgré une sous-exploitation des réseaux hydrographiques de l'Afrique de l'Ouest, on a pu relever de fortes menaces sur les ressources biologiques et écologiques liées à ces milieux d'eau douce. Cela dénote une faible intégration de l'environnement en général et de la biodiversité en particulier dans la planification et l'aménagement de bassins versants ouest-africains. Sur le bief moyen du fleuve Niger, plusieurs milliers d'hectares ont été aménagés pour la riziculture au détriment des autres spéculations et aux dépens des fonctions de régulation, d'habitats et de la capacité de pourvoir des ressources biologiques, jouées par les plaines d'inondation. La situation de la biodiversité lors des aménagements ne s'est pas beaucoup améliorée malgré l'introduction des études d'impacts de projets à partir des années 90. En effet, les ÉIE réalisées étaient par essence réactives, et elles se focalisaient sur les impacts biophysiques en plus de limiter la participation à des étapes certes cruciales mais intervenant assez tardivement dans le processus. Il en ressort qu'il est important, d'une part d'anticiper la dégradation des bassins fluviaux, et d'autre part à postériori, d'internaliser les préoccupations et enjeux découlant des aménagements fluviaux. Cette situation apporte la preuve qu'il est important d'intégrer très tôt la gestion de la biodiversité dans la planification des activités avant, pendant et après les barrages. En effet, les barrages sont des ouvrages structurants, ce qui dépasse la notion de projet pour s'étendre à celle de programme de développement. Mais, la prise en compte de la biodiversité dans les politiques, plans et programmes publics dans les bassins fluviaux étudiés présente plusieurs défis, dont celui de concilier les intérêts divergents de multiples utilisateurs et aussi celui de prendre en compte les impacts environnementaux et sociaux cumulatifs et induits.

Nos résultats permettent de réaffirmer l'applicabilité et l'efficacité de l'ÉES, telles que démontrées dans un nombre important d'études de cas (Thérivel et Partidário, 1996; Sadler et Verheem, 1996; Partidário et Clark 2000; Lerond et *al.*, 2003; Risse, 2004; Dalal-Clayton et Sadler, 2004) et plus particulièrement ici pour une meilleure intégration de la biodiversité.

De plus, l'application d'une méthodologie d'ÉES avec l'AMCD comme outil de mise en œuvre a permis de générer des retombées au plan social en termes d'amélioration de la gouvernance environnementale mais aussi en termes scientifiques plus spécifiquement sur le développement méthodologique. À moyen et long termes, la conservation de la biodiversité se traduira par des avancées significatives sur la lutte contre la pauvreté en Afrique de l'Ouest.

9.4.2 Discussion par rapport aux contributions méthodologiques

L'exercice de simulation sur le cas du Programme «Kandadji» a prouvé que l'intégration de la biodiversité nécessite la prise en compte de plusieurs dimensions autres qu'écologiques en intégrant toutes les modifications structurelles, y compris sociales, qu'induisent les barrages dans le bassin. Cela a été mené suivant un processus d'AMCD permettant d'explorer et de prendre en compte différents systèmes de valeurs.

La recherche a permis d'initier et de formaliser un cadre intégrateur des parties prenantes à la gestion de la biodiversité (populations locales, cadres des ministères techniques, ONG associations locales, etc.). Le processus participatif et itératif suivi associe dans un esprit de cohérence sociétale les intérêts souvent contradictoires de toutes les parties prenantes en plus de prendre en compte les impacts directs, indirects et cumulatifs découlant des aménagements des bassins fluviaux. La recherche a démontré par ailleurs que la réussite de la conservation de la biodiversité dépend d'une part de la prise en compte des enjeux et de la complexité des systèmes biologiques, et d'autre part de l'intégration et de la prise en compte des préoccupations des parties en présence. Cela est fondamental puisqu'on ne peut plus considérer l'homme comme externe aux systèmes biologiques.

La démarche d'AMCD opérationnalise la participation des parties à la gestion de la biodiversité et plus généralement à celle des ressources naturelles. Cela a donné lieu à une déconstruction du monopole de l'État sur la responsabilité de la gestion des ressources

naturelles et au désenclavement de la prise de décision pour la ramener dans la sphère publique. Il s'agit d'une contribution majeure traduisant concrètement le désir de faire participer les populations, tel qu'exprimé dans les instruments législatifs et réglementaires des pays ouest-africains en général, et du Niger en particulier. L'étude a entraîné ainsi un véritable *empowerment* de toutes les parties prenantes impliquées dans la recherche. La transparence de la démarche, la cohérence du processus et les impacts de l'intégration de valeurs des acteurs, perceptibles par ces derniers, les ont incités à participer malgré la méfiance manifestée au début de l'exercice. En effet, les outils de sortie de modèle du logiciel D-Sight utilisé, permettent d'illustrer les positions des acteurs tout en cheminant dans la construction d'une solution acceptable passée au crible des critères souvent divergents et incommensurables, structurés suivant des catégories correspondant à des enjeux majeurs. Il s'agit alors bien d'une analyse par enjeu qui améliore la planification des activités d'aménagement. La différenciation des enjeux sous forme de dimensions du développement durable permet d'opérationnaliser la prise en compte de ce concept comme cadre d'analyse de l'ÉES. Dans cet esprit, l'AMCD peut être perçu comme un outil intéressant en ÉES et cela à toutes les phases du processus, c'est-à-dire du tri préliminaire au suivi et au contrôle. Elle peut même servir à évaluer la qualité des ÉES pour autant que des critères soient élaborés dans ce sens.

Par ailleurs, il peut être établi à l'issue du processus d'AMCD que, globalement, toutes les parties prenantes sont d'accord sur la finalité de l'exercice qui est de contribuer à une meilleure gestion de la biodiversité lors des aménagements à mettre en œuvre à la suite du Programme «Kandadji». En effet, les résultats montrent que tous les acteurs intègrent et prennent en compte dans leurs analyses les dimensions écologiques, économiques, socioculturelles et d'aménagement mais aussi les politiques locales liées à la biodiversité. L'intégration de ces éléments est indispensable à la conservation de la biodiversité qui dépasse, comme cela a été relevé, la dimension écologique. Les seuls éléments de divergence portent sur les emplois et les retombées économiques. La simulation a permis de déterminer une option de consensus, qui permet d'aboutir à l'objectif global de conservation de la biodiversité. Mais, la mise en œuvre nécessite une définition plus précise des options ainsi que d'objectifs plus spécifiques. En clair, ceci signifie que l'aménagement optimum pour l'intégration de la biodiversité, nécessite une amélioration des options à mettre en œuvre sur

les dimensions pour lesquelles elles présentent certaines faiblesses. En effet, une option n'est jamais suffisamment performante sur toutes les dimensions, pour permettre d'atteindre de façon satisfaisante tous les objectifs. C'est donc un avantage de l'analyse par enjeu qui permet de pointer ce qui devrait être amélioré sur les options pour l'atteinte des objectifs. À ce niveau, il faut insister sur le fait que les options doivent se définir au regard des objectifs et des besoins et ne doivent pas être considérées comme des mesures d'atténuation ou de valorisation des impacts.

Par rapport à la procédure d'élaboration de la grille d'analyse multicritère et à la cohérence de la famille des critères retenus, les résultats ont montré l'importance de mieux cibler les critères à retenir en tenant compte des potentielles redondances entre eux ainsi que les liens possibles avec divers enjeux.

En résumé, sur les plans scientifique et méthodologique, on peut faire mention du fait que la procédure développée en s'appuyant sur le cas du Programme «Kandadji» valide la pertinence de l'ÉES couplée à l'AMCD, pour la conservation de la biodiversité dans un contexte où la disponibilité et/ou l'accès aux données sont très limités. L'exercice est donc généralisable à l'Afrique de l'Ouest qui présente une cartographie assez similaire à celle du Niger. Par ailleurs, la participation des acteurs à la recherche leur a permis d'expérimenter et de se familiariser avec une approche collaborative qui peut éventuellement servir de cadre de référence à la participation du public. Cela peut servir comme cadre d'analyse applicable à d'autres problématiques environnementales ou socio-économiques de prise de décision dans le même contexte. Mais, malgré l'appropriation de l'approche par les acteurs et sa flexibilité d'utilisation, l'accès aux outils d'agrégation devrait en limiter l'application courante. En effet, l'accès aux logiciels et à l'internet facilite, voire est indispensable, à tout processus complet d'AMCD. Malheureusement, la fracture numérique géographique du Niger et de l'Afrique de l'Ouest en général, rend l'exercice à ce niveau assez difficile. Toutefois, cela ne remet aucunement en cause tous les avantages en amont de l'utilisation du logiciel, qui intervient à la dernière étape. En effet, même si aucune méthode d'agrégation multicritère n'est utilisée, la méthodologie génère plusieurs retombées liées à la structuration du problème, l'identification des acteurs ainsi que la construction de la grille d'analyse permettant ainsi d'initier un processus de négociation. Il s'agit alors d'une procédure cognitive, telle que cela

a été explicité au chapitre V et qui permet d'éclairer la décision par une description, dans un langage approprié, des options et de leurs conséquences.

Il est à noter que des techniques d'animation locales ont été aussi développées pour discuter le tableau de performance des actions sur les différents critères telle que sa représentation symbolique dans un espace public en utilisant des matériaux locaux pour les actions et pour les critères favorisant ainsi la participation des populations analphabètes. Il existe donc une multitude de possibilités d'application de l'AMCD selon le niveau de formation et d'accès à la technologie des parties prenantes. Ainsi, il existe une version gratuite du logiciel, *Visual PROMETHEE* qui permet d'accéder à PROMETHEE et GAIA et à divers outils de visualisation des résultats d'analyse, sur un simple ordinateur portable, situation de plus en plus courante en Afrique de l'Ouest.

Malgré tout, quelques limites sont à relever au cours des certaines phases du processus d'AMCD.

9.4.3 Limites de la recherche

La transparence du processus d'AMCD, qui est une force de l'approche constitue à certains égards une limite. En effet, cette qualité remet en cause le cloisonnement des mécanismes de prise de décisions des acteurs institutionnels tirant leur légitimité d'une architecture administrative souvent obsolète, dès lors inopérante, pour faire face à une prise de décision optimale en gestion de l'environnement.

L'identification et la catégorisation des acteurs comportent quelques biais liés au fait que les groupes de représentants des populations locales n'étaient pas tous homogènes. Ainsi, certains éléments d'un même groupe mènent plusieurs activités à la fois, ce qui a conduit souvent à des ambivalences dans l'expression des valeurs. Or comme le souligne Roy (1985) «pour qu'un groupe d'individus (corps constitué ou collectivité) soit identifié comme un seul et même acteur, il faut que, relativement au processus, les systèmes de valeurs, systèmes informationnels et réseaux relationnels des divers membres du groupe n'aient pas à être différenciés».

Par ailleurs, l'insuffisance de données à jour a limité la précision de l'évaluation de certains critères. Ainsi, l'évaluation de la biodiversité porte sur des données datant de plus de dix (10) ans ! Mais, cela ne constitue pas de biais trop sévère puisque, sauf changement important, la précision de données n'influe pas sur la performance des options dans une évaluation par paire telle que réalisée dans l'approche PROMETHEE-GAIA. Nous faisons donc implicitement un postulat de continuité temporelle des données.

Il faut aussi relever que normalement toute la procédure se déroule en présentiel et les acteurs se rencontrent pour discuter directement en présence de l'analyste lors de certaines étapes clés. Toutefois, l'insuffisance du temps alloué à l'étape terrain, couplée à la lenteur du processus, nous ont obligé à réaliser certaines étapes comme l'analyse de sensibilité en nous basant sur les commodités offertes par le logiciel D-Sight. De ce fait, les résultats n'ont pas été restitués aux acteurs.

Cependant, ces limites sont liées aux conditions de travail en contexte académique, plus qu'à la méthodologie déployée, ce qui ne remet donc pas en cause les résultats obtenus, surtout que, c'est bien le processus suivi qui est important et non les résultats du rangement. Tout de même, certaines limites relevées peuvent être levées par la mise en œuvre d'une série de recommandations.

9.4.4 Recommandations

Les retombées de la recherche et les limites observées inspirent un certain nombre de recommandations d'ordre général et opérationnel. Ces recommandations sont formulées et classées en fonction de leurs destinataires ou en fonction du domaine ou sphère d'application. Elles s'adressent donc selon les cas autant à la communauté de pratique en ÉES et AMCD qu'aux décideurs nationaux et régionaux. À ce niveau, les termes autorités nationales s'appliquent aux décideurs politiques et administratifs en charge de l'ÉE dans une juridiction nationale, tandis que les termes autorités régionales, renvoient aux gestionnaires des organismes de bassin tels que l'ABN, OMVS, OMVG, etc.

9.4.4.1 Recommandations d'ordre général

Ces recommandations portent autant sur l'amélioration du cadre institutionnel, législatif et réglementaire que sur la constitution et l'accès aux données.

La mise en œuvre d'un processus d'ÉES couplé à l'AMCD passe principalement par l'adoption d'obligations légales et réglementaires matérialisées par des dispositions administratives permettant une plus grande responsabilisation et une participation des populations locales. Actuellement, malgré plus d'une décennie de pratique des ÉIE et quelques cas d'ÉES réalisés, l'heure semble être à l'inertie malgré les revendications d'une société civile de plus en plus structurée et combative. Il y a lieu de remédier à l'obsolescence des structures législatives et réglementaires actuelles autant aux niveaux national que régional par une révision de lois qui datent de plus de 15 ans! Pour le cas du Niger par exemple, la loi sur les ÉIE date de 1997. Après tout, la *NEPA*, première loi en évaluation environnementale a été révisée au bout de cinq (5) ans seulement.

À terme, il s'agit d'augmenter la cohérence législative et réglementaire nationale par une intégration structurelle de l'ÉES aux autres processus de décision, en définissant clairement les processus de planification sur lesquels elle s'applique. Ces arrangements pourront porter d'abord sur l'établissement d'une liste d'inclusion et d'exclusion des types de PPP à l'image des listes de projets utilisées en ÉIE et à celles d'ÉES de l'Union européenne. Ensuite, les différentes lois sectorielles qui touchent la gestion de la biodiversité doivent être complétées par leurs décrets d'application qui, actuellement font défaut dans la majorité des pays ouest-africains. Les organismes de bassins, même s'ils ne peuvent avoir d'initiative législative, ont à ce niveau un rôle moteur pour promouvoir l'harmonisation de certains textes qui touchent à la biodiversité dans les bassins partagés. Il s'agit d'arriver à terme à une véritable *intégration environnementale régionale* comme cela se fait dans le domaine économique.

Au niveau institutionnel, il importe de promouvoir une plus grande dévolution de pouvoir aux acteurs locaux en complétant le tissu institutionnel et en créant des structures organisées au niveau approprié. Ainsi, au niveau national l'ancrage institutionnel ne doit pas se faire nécessairement au niveau d'un ministère en charge de l'environnement. Toutefois, ce dernier, à cause de l'expertise qu'il abrite, peut être chef de file d'une institution interministérielle qui

réalisera alors des évaluations stratégiques incluant l'environnement. Un tel dispositif permettra d'intégrer l'environnement au fur et à mesure de l'élaboration des PPP, plutôt que de procéder par rétroaction, comme cela se passerait si un seul ministère est chargé de coordonner et d'animer seul le processus.

La prise en compte de l'environnement relève de l'intérêt public, aussi, au niveau stratégique plus qu'au niveau projet, la réalisation des ÉES doit être assurée par les services publics. Ces derniers pourront comme cela se fait au Canada, rétrocéder éventuellement les coûts à des promoteurs privés. Cette façon de procéder permettra une meilleure diffusion des conclusions des études et ainsi éviter la privatisation de l'information comme cela se passe dans la plupart des cas pour les résultats des suivis environnementaux des projets. Il convient dès lors de repenser les rôles de l'État, pour passer de ce que Pictet (1995) a appelé un *État contrôleur*, à un rôle d'État animateur et négociateur, c'est-à-dire un État qui anime et aussi participe au même titre que les autres acteurs à un processus transparent avec des règles préalablement définies. Cela peut prendre forme à travers la mise en place de commissions appropriées de gestion de la biodiversité. Ces commissions pourront être créées suivant le découpage territorial approprié de bassins dans chaque pays, mais sans nécessairement épouser le découpage administratif national. Elles doivent être reconnues à travers des textes de lois, de façon à leur donner une légitimité et garantir leur pouvoir de décision. Ces commissions locales seront garantes d'une meilleure prise en compte des savoirs locaux et permettront une valorisation de la biodiversité qui profite, aussi et en premier, aux populations locales. La décentralisation en cours dans les pays de la sous-région, offre dans ce sens de réelles opportunités.

L'efficacité du processus est aussi dépendante des données disponibles. Des données sont générées aux niveaux national et régional mais à un rythme pas nécessairement en adéquation avec les besoins. De plus, l'accès à l'information est difficile et se fait plus généralement par des mécanismes informels. Aussi, les organismes de bassins devront promouvoir et formaliser la constitution de bases de données accessibles via internet par exemple. La première phase de cette dernière proposition est bien amorcée au niveau de l'ABN et aussi du Programme de «Kandadji», qui disposent des bases de données y compris socio-économiques. Cette dynamique doit être maintenue par l'amélioration de la qualité des

données biophysiques et sociales et leur mise à jour selon une périodicité qui sera fonction du type de données.

9.4.4.2 Recommandations d'ordre pratique et opérationnel

La mise en œuvre des recommandations d'ordre général, créera les conditions d'exercice de l'ÉES couplée à l'AMCD. Il faut alors s'assurer de l'utilisation efficace et efficiente de ces outils en tenant compte des réalités du milieu qui imposent certaines limites. Cela passe en premier lieu, par une analyse organisationnelle permettant d'identifier les parties en s'assurant d'avoir autour de la table de travail des groupes représentatifs d'intérêts clairement définis et aussi homogènes que possible. Compte tenu du temps requis pour le processus, on devrait s'assurer de la disponibilité et de l'implication active des participants en remaniant au besoin le calendrier des étapes clés. Dans ces conditions et tel que voulu par Pictet (1995), l'homme d'étude doit, au-delà de ce qui se passe *dans* le modèle, s'intéresser également à ce qui se passe *autour* de celui-ci. On peut dès lors estimer que même si en contexte multi acteurs il y a nécessité pour l'homme d'étude de s'investir comme médiateur en plus de son rôle d'analyste (Simos, 1990), dans le domaine complexe de la gestion de la biodiversité, l'apport d'une tierce personne, pas nécessairement spécialiste en AMCD, peut être efficiente (voir sous-section 6.2.2.2).

Il a été relevé à l'étape d'élaboration de la grille d'analyse multicritère, qu'il n'y a pas de scission nette entre les différents enjeux. Cette transversalité, incite à redéfinir et à discuter localement des compartiments de l'environnement à intégrer à l'évaluation environnementale stratégique pour une détermination efficiente des critères d'évaluation. Rien n'oblige à séparer par exemple la santé ou la culture de la dimension sociale. Au risque d'alourdir inutilement et donc de rendre inopérant le processus d'ÉES, il importe de se rappeler que l'intérêt et l'avantage liés à l'ÉES résident dans son caractère systémique et analytique (prospector tous les compartiments environnementaux) et pas dans sa précision. L'ÉES peut se limiter alors à donner une vision globale des effets associés aux PPP. Dans ces conditions, le développement durable peut être considéré comme le meilleur cadre d'analyse d'une procédure d'évaluation environnementale quelle qu'elle soit. Dans ce contexte, les dimensions suggérées (écologie, économie et socioculturelle et aménagement du territoire) dans cette étude et reliées aux trois dimensions du développement durable peuvent être considérées

comme des compartiments environnementaux dans le cadre d'une procédure d'AMCD d'une problématique environnementale.

La mise en œuvre de ces recommandations nécessite des améliorations dans plusieurs domaines de connaissances et ouvre la voie à plusieurs pistes de recherche qui sont énumérées dans la dernière partie de la conclusion générale.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Le chapitre I a permis de décrire le contexte environnemental et socioéconomique de l'Afrique de l'Ouest et en particulier celui du Niger. Les liens ont pu être établis entre le développement et l'état de conservation de la biodiversité. Il semble y avoir un lien direct entre l'état de pauvreté généralisé des populations et la dégradation des ressources naturelles. L'analyse historique des aménagements des bassins fluviaux, réalisée au chapitre II a démontré qu'ils visaient plus spécifiquement la production d'électricité et la sécurisation alimentaire des populations, et dans une moindre mesure la lutte contre les inondations. La démonstration a été faite au chapitre III que la multiplication des ouvrages hydroagricoles ne pouvait continuer sans prendre des mesures d'intégration de l'environnement, au risque de compromettre la richesse naturelle des écosystèmes fluviaux. En effet, l'ensemble des aménagements étaient bâtis avec peu d'égard pour la valeur globale de l'écosystème fluvial. Aussi, le but des ouvrages structurants que sont les barrages hydroélectriques doit être repensé pour faire des actions d'aménagements fluviaux des outils de promotion du développement économique et social, sans compromettre l'environnement et en particulier les éléments constitutifs de la biodiversité. Des causes multiformes sont en jeu dans la crise mondiale de la biodiversité comme spécifié au chapitre IV. Aux causes naturelles qui se sont traduites de la fin de l'Ordovicien (- 438 Millions d'années) (Ma) à celle du Crétacé (-65 Ma) par la disparition de 65 à 85 % de la biodiversité, se sont ajoutés plusieurs facteurs en liens plus ou moins directs avec les activités anthropiques. La perte de biodiversité résulte de plus en plus de l'interaction entre la surexploitation, les pollutions, la destruction/dégradation d'habitats, l'invasion des espèces exotiques et la modification du régime hydrologique. Ce sont donc les modèles de développement en œuvre depuis deux siècles d'industrialisation qui sont en cause dans la perturbation de l'environnement biophysique et humain. Cela a plus que centuplé les pertes de biodiversité, particulièrement pour les habitats et les espèces d'eau douce pour lesquelles entre 26 et 72 % sont menacés selon les groupes. Plus généralement, on craint une disparition des 2/3 de toutes les espèces d'ici la fin du 21^{ème} siècle. C'est donc près de la moitié de l'économie mondiale, dépendante des produits biologiques et des processus écologiques, qui est menacée, ce qui compromettrait directement le progrès humain, intimement lié aux contingences biologiques.

C'est pourquoi, des réflexions qui ont culminé avec le sommet de Johannesburg, ont été amorcées en vue de freiner l'érosion de la biodiversité. Malheureusement, le bilan réalisé en 2010, a montré que l'objectif fixé en 2002 de réduire l'appauvrissement de la biodiversité n'est pas atteint. Cela est dû au fait que les efforts déployés étaient en deçà des pressions exercées et que les questions relatives à la biodiversité étaient insuffisamment intégrées dans les politiques, les stratégies et les programmes de développement.

La recherche effectuée pour contribuer à une meilleure gestion de la biodiversité dans les bassins ouest-africains en lien avec le développement hydroélectrique trouve donc tout son sens. Dans cette perspective, l'évaluation environnementale stratégique mise en œuvre suivant une démarche d'aide multicritère à la décision, a révélé un apport essentiel (chapitre V) pour la conservation de la biodiversité. En effet, l'envergure des aménagements des bassins fluviaux et les effets induits sur les espèces et les habitats justifient l'évaluation environnementale en amont de projets. Sans remplacer les ÉIE des projets, l'ÉES de bassins fluviaux vient en complément en permettant d'évaluer les incidences cumulatives et synergiques liées à plusieurs actions sur un même bassin. Cela permettrait une meilleure intégration de l'environnement dès le début de la planification des actions et offrirait un cadre idéal de discussion ouvert à toutes les parties prenantes qui peuvent se prononcer sur les grandes orientations de développement et analyser différents scénarii de mise en œuvre. C'est donc un processus systématique d'analyse anticipative des enjeux globaux et donc des implications environnementales, sociales, culturelles et d'aménagement ainsi que des politiques des aménagements fluviaux. À terme, l'ÉES favorise l'atteinte du développement durable des écosystèmes fluviaux par l'identification par toutes les parties prenantes des nouvelles possibilités de développement qui sont systématiquement et rigoureusement évaluées et justifiées. Les impacts potentiels indirects et globaux sont identifiés et pris en compte très tôt permettant de mieux associer les enjeux stratégiques aux projets. Pour ce faire, plusieurs techniques et outils, dont certains relèvent des ÉIE, offrent un certain potentiel d'application en ÉES mais avec diverses faiblesses qui limitent leur efficacité. En effet, la majorité des outils utilisés jusque-là, sont de type monocritère et sont de ce fait inadéquats pour traiter des questions environnementales de nature complexe et multidimensionnelle. C'est pour pallier à ces insuffisances que l'AMCD a été proposée

(chapitre VI) pour apporter des explications et guider l'action dans l'aménagement des bassins fluviaux.

L'analyse multicritère des options potentielles d'aménagement de la zone du Programme «Kandadji» a permis de tester une grille d'analyse multicritère élaborée à l'issue d'un processus participatif et itératif. L'approche de surclassement de synthèse, qui est une méthode non compensatoire et bien adaptée pour le traitement des questions environnementales, a été préférée parmi les trois approches possibles en aide à la décision. Les méthodes PROMETHEE et GAIA ont servi à l'opérationnalisation de la mise en œuvre. En effet, ce sont des méthodes simples basées sur l'évaluation par paires d'actions et qui permettent entre autre, de prendre en compte l'aspect conflictuel des critères, de tenir compte des écarts entre les évaluations tout en éliminant les effets d'échelles. Leur plus grand avantage par rapport aux autres méthodes du même groupe est sans contredit la valorisation d'une information particulièrement simple et claire, consistant à l'attribution des poids relatifs aux critères et l'établissement pour chaque critère d'un degré de préférence d'une option par rapport à une autre en fonction de l'écart observé sur ce critère.

Le processus a abouti à la discrimination et au rangement des options d'aménagement sur la base des flux de surclassement. Dans le cadre de l'aménagement de la zone de Kandadji, seize (16) parties prenantes identifiées (chapitre VII) se sont penchées sur l'évaluation de quatre (4) options sur la base de la grille d'analyse multicritère formée de 9 critères structurés en quatre (4) catégories (chapitre VIII). Les options étaient identifiées selon leurs potentiels à satisfaire les besoins alimentaires des populations tout en permettant de conserver au mieux la biodiversité du bassin du Niger moyen. À l'issue du processus, l'option de compromis est celle qui minimise les superficies irriguées mais qui est peu performante sur deux (2) critères économiques sur trois (3) (chapitre IX). Il y a nécessité de travailler sur l'amélioration des aspects économiques de l'option retenue pour favoriser sa mise en œuvre et atteindre les objectifs qui sont d'améliorer la sécurité alimentaire sans compromettre la biodiversité. Aussi, on peut retenir que :

Les préoccupations écologiques doivent, au-delà des polémiques et attitudes démagogiques auxquelles elles donnent souvent lieu, s'inscrire à leur juste place dans les préoccupations des planificateurs et les choix des décideurs. Elles doivent souvent

être sereinement et objectivement entendues et prises en compte dans le cadre d'une planification ouverte d'abord au niveau local, siège des actions les plus courantes du développement et au niveau régional qui est celui de la cohérence des interventions publiques (Bureau des politiques agricoles et de la sécurité alimentaire DCT/EPS, 2000, p. 20).

Plus généralement, et en cohérence avec les propos tenus sur l'insuffisance de données et aussi de certaines limites relevées dans la recherche, plusieurs aspects mériteraient d'être mieux explorés pour une meilleure implantation de la pratique des ÉES et l'AMCD dans les bassins fluviaux ouest-africains. Ainsi, diverses perspectives peuvent être énumérées pour améliorer la connaissance des ressources et les mécanismes de conservation.

L'acceptabilité sociale des PPP doit être mieux analysée puisque aucun parallèle ne peut être fait avec celle des projets. Par exemple, comme on peut le voir au Québec, le public accepte et adhère fortement aux programmes de développement des énergies vertes, mais rares sont les communautés qui acceptent le développement de l'éolien dans leur milieu (voir Saucier et *al.*, 2009).

Il faut procéder aussi à un inventaire détaillé des plaines inondables et plus généralement des différentes unités écosystémiques des bassins versants. Cela pourrait porter sur une typologie complète qui prenne en compte leur fonctionnement hydrologique et leurs incidences sur la flore et la faune, en relation avec leur mise en valeur. Cela devrait déboucher sur une cartographie des plaines inondables en détaillant la morphologie générale, l'écologie, l'hydrologie et les modes d'utilisation.

Une mise à jour de l'état des connaissances locales en matière de biologie des espèces aquatiques est aussi nécessaire. Ces connaissances pourraient porter sur la documentation des pertes par prédation, des périodes de baisse des effectifs, de la reproduction des espèces et des mécanismes de fluctuation de l'ichtyomasse en lien avec l'intensité de pêche ainsi que du comportement migratoire des espèces. Cela aiderait à mieux établir les relations de causes à effet entre les aménagements physiques du bassin et la situation de la biodiversité.

Des recherches doivent être menées sur les possibilités d'augmentation des productions agro-sylvo pastorales par l'utilisation judicieuse de l'espace et avec une utilisation limitée de produits phytosanitaires dommageables autant aux espèces qu'aux habitats.

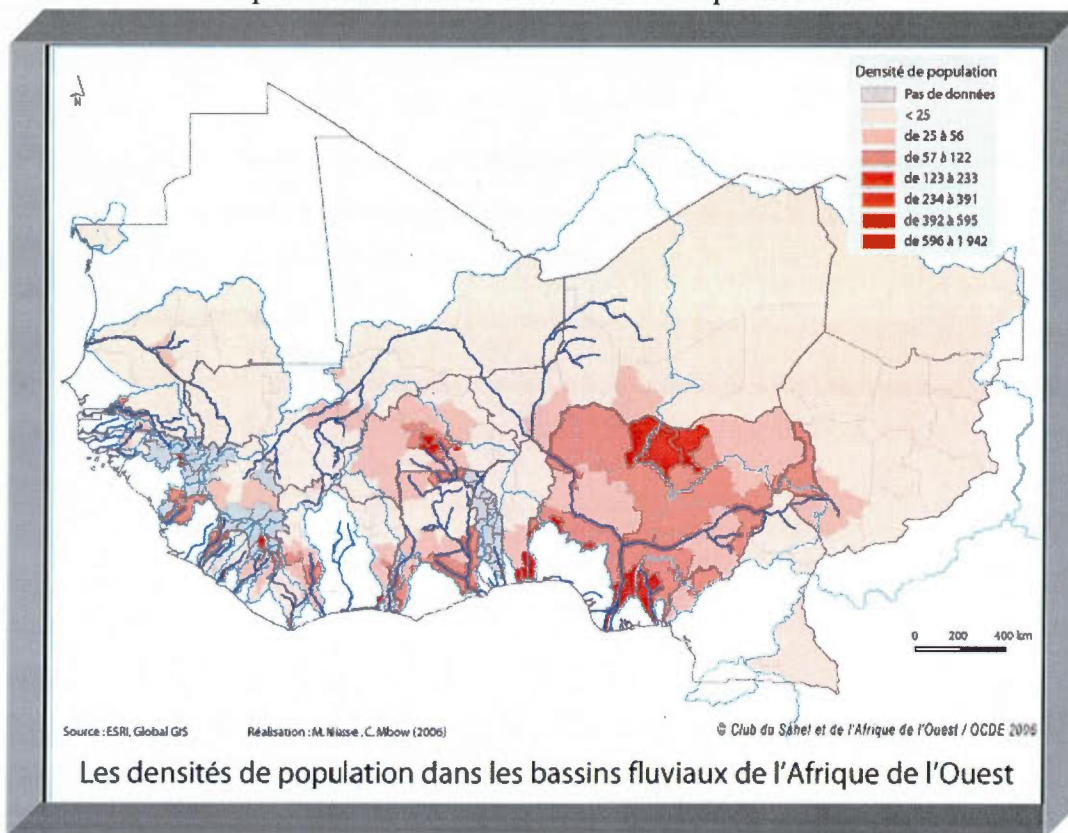
La grille d'analyse développée gagnerait à être testée sur un processus réel et/ou dans un autre contexte géographique pour en vérifier la fiabilité et la souplesse et éventuellement pour l'enrichir et l'améliorer. Il serait intéressant de reconduire le test avec une plus grande diversification des parties prenantes avec davantage d'homogénéité au sein des groupes. À ce niveau, des études sociologiques aideraient à mieux déterminer les modes de représentation des parties et aussi les périodes optimales au cours desquelles le processus devrait être conduit. En effet, les participants ont été sélectionnés surtout selon leur disponibilité en lien avec les contraintes de temps de la recherche.

Tenant compte de ces différents aspects, on peut relever que la pratique de l'ÉES couplée à l'AMCD se performera à partir des diverses contributions théoriques et pratiques.

ANNEXES

Annexe A

Populations des Bassins fluviaux de l'Afrique de l'Ouest



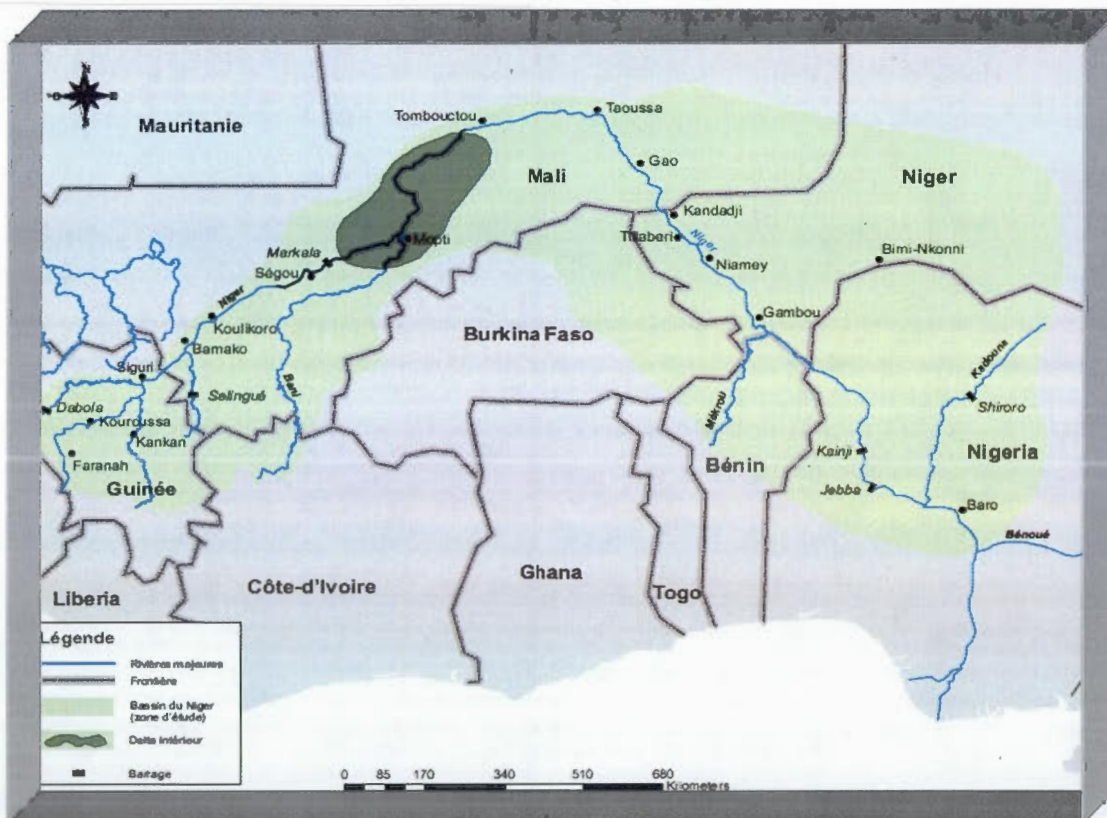
Annexe B

Description des bassins des fleuves Niger, Sénégal et Gambie.

Bassin du fleuve Niger.

Le Niger est le troisième fleuve d'Afrique après le Nil et le Congo (Oumarou et Rouscoua, 2001 ; Andersen et *al* 2006). La partie du bassin du Niger hydrologiquement active couvre selon les sources une superficie de près de 1 500 000 km² (Andersen et *al* 2006) ou 2 000 000 km² (Oumarou et Rouscoua, 2001). Il traverse six zones hydrographiques qui se distinguent par leurs caractéristiques topographiques et hydrologiques. Le fleuve Niger prend sa source en Guinée dans la dorsale des montagnes du Fouta Djallon (Le Niger supérieur), une région de hauts plateaux, d'altitude moyenne d'environ 1 100 mètres, coule en direction du Nord-est et forme en saison de pluies une vaste plaine d'inondation au Mali, appelée Delta intérieur ou cuvette lacustre. Cette plaine d'environ 40 000 km² absorbe une grande partie de son potentiel hydraulique. Aux confins du Sahara, à la sortie du Delta intérieur, le Niger décrit une boucle puis coule plein Sud-Est (Le Niger moyen) jusqu'au Nigéria en tant que Niger Inférieur vers le Delta maritime pour se jeter enfin dans le golfe de Guinée après sa confluence avec son plus grand affluent, la Benoué (Andersen et *al* 2006). Selon ces auteurs, la population du bassin est de 100 millions d'habitants et son taux de croissance moyen annuel est estimé à 3 %. Cela fait que cet écosystème subit depuis quelques décennies une pression de pôles d'activités et d'usages nouveaux, perturbant les caractéristiques, la structure et le fonctionnement de ses écosystèmes (Awaïss, 2003). On y compte neuf (9) grands barrages qui sont soit en cours de construction (Kampé), soit en cours de planification plus ou moins avancée (Fomi, Tossaye, Kandadji, Zunguru, Onitsha, etc.). Au total, chacun des pays de la région a ses propres plans de construction d'un ou de plusieurs barrages (Niasse et Lamizana, 2002). Ainsi en 2007, on compte une vingtaine de sites de grands barrages parmi lesquels : Fomi et Kamarato en Guinée ; Kénié, Tossaye et Labezanga au Mali ; Dyodyonga et Gambou entre le Bénin et le Niger ; Kandadji au Niger ; Lokoja, Makurdi et Onitsha au Nigeria (CEDEAO-CSAO/OCDE, 2007). La réalisation de ces grands projets aura entre autres conséquences, un morcellement des écosystèmes et donc des habitats des espèces. Les ressources naturelles et l'environnement du bassin du fleuve Niger sont devenus extrêmement fragilisés. L'environnement physique du bassin du Niger est marqué par trois décennies de sécheresse et une forte croissante

démographique dont les effets conjugués (i) accélèrent la dégradation des terres et des eaux, (ii) fragilisent les écosystèmes aquatiques et (iii) accroissent la paupérisation des populations (Burton et Egli 2002 ; ABN 2005). Conscients de cette situation, les acteurs de terrain placent la restauration du couvert végétal, la protection des aires sensibles comme les zones de frai des poissons et la restauration de l'habitat au cœur des enjeux principaux du bassin (Burton et Egli, 2002). Il apparaît ainsi que les diverses utilisations non coordonnées des ressources en eau dans le bassin du Niger et la non prise en compte des populations riveraines seraient à la base des fortes perturbations des ressources biologiques, constituant ainsi une contrainte à une bonne gestion de la biodiversité. Pour faire face à cette situation les pays riverains regroupés au sein de l'Autorité du Bassin du Niger (ABN) ont convenu d'un mécanisme de vision partagée qui a pour vocation de favoriser la compréhension et le renforcement de la coopération entre les États afin de tirer le meilleur parti des ressources du bassin (ABN, 2005). Mais, la conservation et l'intégration effective de la biodiversité dans les politiques de mise en valeur de la vallée, constitue une question de grande préoccupation.



Source Burton et Egli, 2002

Bassin du fleuve Sénégal

Le fleuve Sénégal, long de 1 800 km (Burton et Egli, 2002 ; SOE-OMVS, 2007), est le deuxième fleuve de l'Afrique de l'Ouest. Il couvre 345 000 km² de superficie et se subdivise en trois grandes parties comprises entre les latitudes 10° 30 et 17° 30 et les longitudes 7° 30 et 16° 30, ce sont : le Haut bassin, la Vallée et le Delta (SOE-OMVS, 2007). Ces trois principaux affluents, le Bafing, le Bakoyé et la Falémé, prennent tous leur source sur la face nord du massif du Fouta-Djalon en Guinée et apportent à eux trois plus de 80% de son débit (Burton et Egli, 2002).

Le fleuve Sénégal est mis en valeur depuis de nombreuses années. Ainsi, la culture du coton, de la canne à sucre et de l'indigo par le Colonel Shult date du début du XIX^e siècle (Diop, 1995). Mais l'aménagement n'a commencé concrètement qu'avec les études effectuées entre 1925 et 1930 par l'union hydroélectrique africaine créée par le gouverneur général de l'AOF le 27 décembre 1927 (Maïga, 1995), et celles accomplies à partir de 1935 par la mission d'études du fleuve Sénégal (MEFS) et la mission d'aménagement du fleuve Sénégal (MAS) (Diemer et Laan, 1987) qui remplace la MEFS le 27 octobre 1938 (Maïga, 1995). Par la suite en 1960, sont créées l'organisation autonome du Delta (OAD), qui remplace la MAS, et l'organisation autonome de la vallée (OAV). Ces structures réaliseront des endiguements importants et aménageront selon le modèle de la submersion contrôlée, 3 000 ha de cuvettes inondables. Ces structures seront dissoutes et remplacées par la Société Nationale d'Aménagement et d'Exploitation des Terres du Delta du Fleuve Sénégal et des Vallées du Fleuve Sénégal et de la Falémé (SAED) en 1965 (Diagne, 1974; Seck, 1978, cités par Seck, 1991). La SAED devrait aménager 30 000 ha en dix ans, mais n'a pu faire que 10 500 ha soit 35% des objectifs de superficie (Seck, 1991). Selon Crousse et *al.* (1991), la construction du barrage anti-sel de Diama au Sénégal dans le Delta et du barrage hydro-électrique régulateur de Manantali sur le Bafing au Mali respectivement en 1986 et 1988, constitue le plus vaste programme d'aménagement multisectoriel de bassins fluviaux de l'Afrique de l'Ouest. Il a pour objectifs :

- la régulation du fleuve et la valorisation de quelques 23 km³ de débit annuel
- l'irrigation de 375 000 ha dans le champ d'inondation du fleuve;
- la production d'énergie hydro-électrique à hauteur de 800 Gwh;

- l'aménagement de ports et escales, et de la voie fluviale pour la navigation sur 800 km de Saint-louis à Kayes.

Ces ouvrages auront plusieurs impacts sur le fleuve. Ainsi, le barrage de Manantali a réduit le volume et la durée des crues annuelles. Ceci, à son tour, a réduit l'inondation de la plaine et affaibli les écosystèmes qui dépendent d'une immersion saisonnière prolongée. Il en est également résulté une réduction de la superficie disponible pour les cultures de décrue et une réduction de la recharge des eaux souterraines. Le barrage de Diama a créé une masse d'eau douce permanente et relativement stable dont les rives ont été envahies par une végétation aquatique dense constituée d'espèces peu désirables (*Typha australis*, *Pistia stratiotes*, *Salvinia molesta*) (Burton et Egli, 2002). Cela a engendré des sérieuses menaces sur les ressources composées d'oiseaux migrateurs, aquatiques, qui arrivent en grand nombre durant l'hiver européen dans les terres humides de la vallée et du delta. La conservation de la biodiversité est donc un grand enjeu.

Bassin du fleuve Gambie

Ce bassin couvre une superficie de 77 054 km² et se répartit entre les quatre pays membres de l'OMVG : Sénégal, Gambie, Guinée et Guinée-Bissau. C'est donc un bassin relativement petit, comparé à celui du Sénégal et surtout du Niger. Le cours du fleuve Gambie est constitué de deux parties bien distinctes et de longueurs à peu près égales (500 km chacune). Il s'agit de : la partie continentale (ou fluviale) où le niveau de l'eau ne dépend que des débits venant de l'amont, depuis la source du fleuve sur la façade nord du massif du Fouta Djallon en Guinée, jusqu'à Gouloumbou au Sénégal; et la partie estuarienne où le niveau de l'eau est influencé par la marée pendant une partie ou la totalité de l'année, depuis Gouloumbou jusqu'à l'embouchure du fleuve sur l'océan Atlantique en Gambie (OMVG, 2006 ; OMVG, 2007).

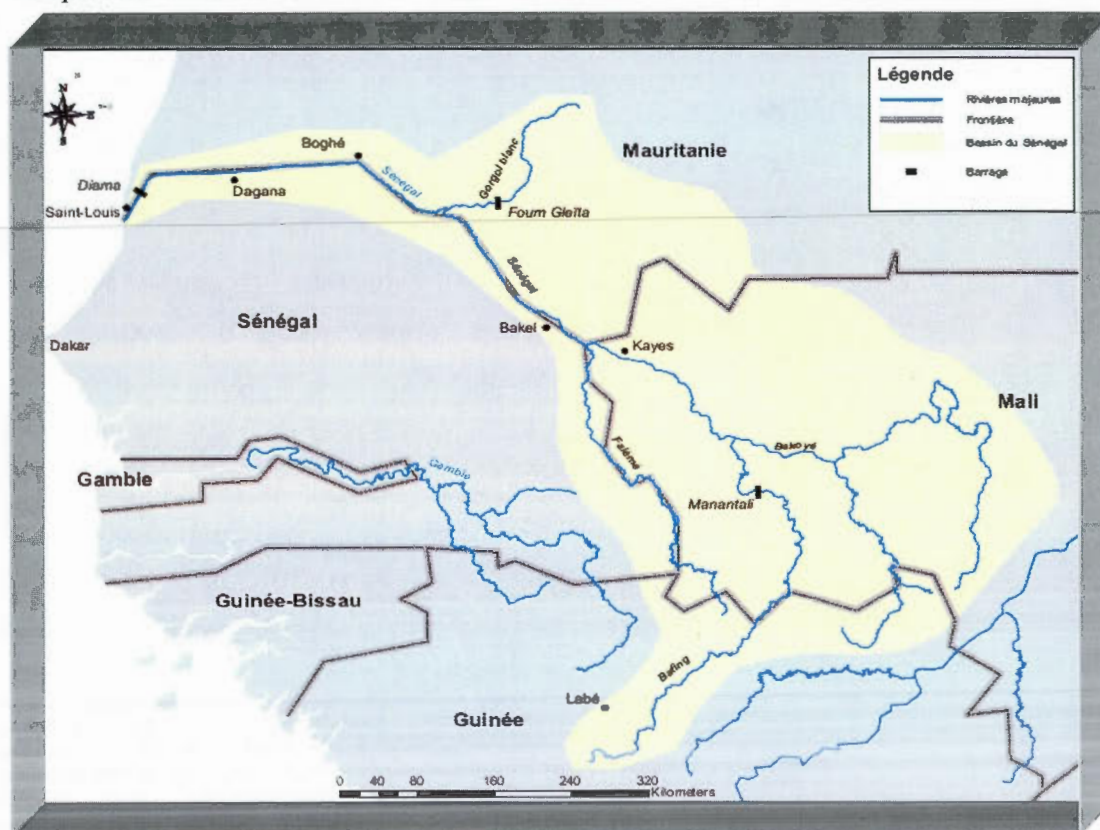
Le climat dans le bassin du fleuve Gambie est de type soudano-sahélien caractérisé par une saison sèche en hiver (plus longue dans le nord du bassin que dans le sud), une saison humide en été avec une température moyenne élevée (diminuant du nord au sud) et une pluviométrie annuelle relativement forte (augmentant du nord au sud).

Depuis sa source jusqu'à Simenti dans le parc national de Niokolo-Koba, le fleuve Gambie draine le massif du Fouta Djallon et ses contreforts, dans des terrains primaires caractérisés par des roches dures, cristallines et métamorphiques (principalement schistes et grès). Le fleuve

coule dans une vallée relativement encaissée. Il est entrecoupé par des zones de rapides avec affleurement du socle rocheux. Les plaines d'inondation sont rares et de peu d'étendue. De Simenti jusqu'à son embouchure, le fleuve Gambie draine le plateau du continental terminal, vaste bassin sédimentaire tertiaire qui constitue la majeure partie des territoires sénégalais et gambien (OMVG, 2006 ; OMVG, 2007).

Dans son parcours montagnard, le fleuve Gambie reçoit des affluents dont la superficie du bassin versant est modeste mais dont les apports sont importants du fait de la forte pluviométrie : la Silamé, l'Oundou, le Litti et la Dimma.

Selon Burton et Egli (2002), le fleuve Gambie et ses affluents n'ont jusqu'ici pas fait l'objet d'aménagements hydrauliques importants. C'est sans doute pourquoi il est peu documenté, comparé aux deux autres bassins étudiés.



Source Burton et Egli, 2002

Annexe C

Conservation la biodiversité dans les bassins ouest-africains

On peut apprécier l'intégration de l'environnement dans les aménagements en Afrique de l'Ouest en se focalisant sur les programmes suivants :

- les aménagements de la période coloniale : aménagement de l'office du Niger au Mali (1932) avec le barrage de Markala à partir de 1947;
- les aménagements des indépendances à la conférence de Rio : comme le barrage de Selingué entre 1976 et 1984 et aussi les barrages de Diama et Manantali entre 1982 et 1988 ;
- enfin les aménagements post Rio : Kandadji au Niger et Sambangalou.

On relèvera que chacune de ces périodes indiquent des visions différentes sur la prise en compte de l'environnement et en particulier de la biodiversité qui peut s'apprécier à partir d'une grille formée des critères écologiques mais aussi politiques et sociaux.

a) Critères d'appréciation de la prise en compte de l'environnement

Nous apprécions l'intégration de l'environnement aussi bien sur le plan écologique que social et politique. En effet, même si la solution à la conservation de la biodiversité est plus politique et sociale (Bahuchet et McKey, 2005; Marty et coll., 2005), la dimension écologique ne saurait être occultée. Aussi, il faut analyser les mesures prises lors des aménagements pour minimiser entre autres les pertes et/ou dégradations d'habitat, l'invasion par certaines espèces (principaux facteurs de dégradation de la biodiversité identifiés au chapitre III). Il s'agira avant tout de vérifier la réalisation d'évaluations des impacts environnementaux, qui peuvent aider à s'assurer que le développement est compatible avec la conservation et l'utilisation des ressources de façon à assurer la pérennité de la biodiversité (IAIA, 2005; Gontier et al., 2006). En effet, l'évaluation environnementale (ÉE) apparaît aujourd'hui comme l'un des meilleurs outils de prévision et de gestion des impacts sur l'environnement (Simos, 1990; Leduc et Raymond, 2000; André et al. 2003). C'est pourquoi, la convention sur la biodiversité prévoit, en son article 14, l'adoption par les parties des procédures d'évaluation des impacts sur l'environnement des projets pour prévenir les dommages sur la biodiversité. Cependant, plusieurs pays ont mis en place des procédures d'ÉIES, mais il est constaté que l'efficacité de la prise en compte de la diversité biologique dans les actions de développement (IAIA, 2004) n'est pas toujours adéquate.

D'où l'intérêt de s'intéresser aux aspects politiques et sociaux des aménagements. Il s'agit principalement de l'implication des parties prenantes et leurs rôles dans la mise en œuvre des projets d'aménagement. En effet, les parties prenantes sont parmi les facteurs qui influencent l'efficacité des mesures encourageant la préservation et l'utilisation durable de la biodiversité (OCDE, 1999). Nous sommes d'avis avec le MEA (2005) que la science peut contribuer à veiller à ce que les décisions sociales soient prises sur la base des meilleures informations disponibles, mais, au bout du compte, le choix et les décisions concernant les niveaux de diversité biologique appartiennent à la société. C'est pourquoi, la question de la conservation de la nature est devenue une question majeure pour les sociétés humaines, tout comme celles de la pauvreté ou du développement (Levrel, 2006). De l'avis de cet auteur, pour que les choix de société ne restent pas entre les mains des experts, il est nécessaire de développer et d'utiliser de nouvelles méthodes et de nouveaux outils ayant pour objectifs de désenclaver les savoirs, d'explorer les avenues possibles et d'ouvrir à des débats publics des questions a priori techniques. Des indicateurs comme la participation effective des catégories d'acteurs associés au processus, y compris les groupes vulnérables, le niveau et le moment auquel le public est consulté, permettent d'apprécier la participation publique. Cette dernière expression est une formule générique recouvrant plusieurs mécanismes et pratiques qui diffèrent selon leurs modalités, leur caractère plus ou moins formel et le moment d'intervention dans le processus de prise de décision : information, consultation, concertation, négociation, médiation, etc. (Gauthier *et al.* 1999). C'est un mécanisme très efficace pour favoriser une analyse réaliste, une atténuation efficace des impacts et une exécution harmonieuse (Goodland et Mercier, 1999). Par ailleurs, nous considérons qu'un bon processus de participation publique doit permettre d'intégrer les savoirs locaux. Nous considérons, comme Michon (2003), que ces types de savoirs sont comme des « instruments de gestion » indispensables au maintien de la biodiversité. La diversité biologique dépendrait donc de la diversité culturelle, même si certaines pratiques traditionnelles peuvent nuire à la biodiversité. Par exemple dans le domaine de la pêche, les populations locales ont souvent recours à des substances toxiques. Cela a évidemment des incidences sur le milieu et sur la santé des populations. Un autre exemple est la pêche dans les plaines d'inondation, qui sont les principales frayères en eau douce ou encore l'usage de certains engins notamment des filets de petites mailles. Ces pratiques

compromettent ainsi le recrutement. Nous devons alors insister sur le fait que c'est une partie des savoirs locaux qu'il faut considérer comme une partie de la solution.

L'efficacité et la réussite de tout ce processus passe évidemment par l'existence d'un cadre réglementaire et institutionnel pour encadrer le processus et des mécanismes de valorisation de la diversité biologique (permettre aux populations locales de profiter des éléments constitutifs de la biodiversité).

b) Bilan de la prise en compte de l'environnement

i. *Bilan de la prise en compte de la dimension écologique*

o Réalisation d'études d'impact

L'aménagement de l'office du Mali, projet datant d'avant 1960 n'a pas fait l'objet d'étude environnementale. À cette époque, les préoccupations environnementales n'étaient pas encore au premier plan, surtout en Afrique. Du reste, la pratique des évaluations environnementales n'a débuté même dans les pays développés qu'à partir de la promulgation de la loi américaine de 1969 (voir chapitre IV). L'ouvrage de Sélingué par contre, a fait selon Hébert (sans date), l'objet d'une évaluation environnementale sommaire. Mais, on peut estimer que cela n'est pas suffisant compte tenu de la dimension du projet. Une étude environnementale détaillée aurait été nécessaire pour mettre à jour les grands enjeux et encadrer la gestion des impacts. Cela n'est pas propre à Sélingué, mais c'était le cas dans la plupart des projets semblables, particulièrement en Afrique, où plusieurs ouvrages hydroélectriques ont été construits dans les années 70 et 80 sans faire l'objet des évaluations environnementales détaillées nécessaires (Réseau d'expertise E7, 2000). Toutefois, le cas de Manantali/Diama constitue une exception. En effet, ces aménagements, antérieurs à Sélingué, donc bien avant Rio et le rapport Brundtland, avaient fait l'objet d'une étude d'impact selon les standards en vigueur. À cette époque, seuls quelques rares pays comme les États-Unis avaient des exigences en matière d'évaluation environnementale. Ce projet financé par l'USAID a donc été soumis à la législation américaine. En effet, on se rappelle que les États-Unis avaient adopté, en 1969, une loi nationale sur la protection de l'environnement (*National Environmental Protection Act* : NEPA) qui élevait les préoccupations environnementales au même niveau de priorité que les objectifs économiques des projets à réaliser. Dans ce cas, la faible capacité des pays à mobiliser des ressources internes a favorisé la prise en compte de l'environnement dans la

mesure où ils se soumettent aux exigences des bailleurs de fonds. Malheureusement, le processus peut s'interrompre dès qu'on est dans le cas d'un projet à plusieurs volets et qui ne sont pas supportés par les mêmes bailleurs de fonds.

On relève, par contre, que les deux derniers projets, celui de Kandadji et Sambangalou ont fait l'objet d'études d'impact environnementales et sociales détaillées. Ces deux projets, sont de la *nouvelle génération* (après Rio). En effet, sous l'impulsion de bailleurs de fonds, en particulier de la Banque Mondiale, les ÉIES allaient s'imposer dans la plupart des pays de la sous-région de l'Afrique de l'Ouest à la fin des années 90. Ainsi en Guinée, les études d'impact sur l'environnement ont été codifiées et rendues obligatoires par un décret de novembre 1989. En 1994, le Plan d'Action Environnementale (PNAE) a été adopté. Au Mali, un décret de juillet 1999 portant sur l'institution de la procédure d'étude d'impact sur l'environnement et d'un Plan national d'action environnementale (PNAE) a été adopté en 1998. Au Niger, c'est une Ordonnance, en date du 10 janvier 1997, qui institutionnalise les Études d'Impacts Environnementaux. Un Plan National pour l'Environnement et le Développement Durable (PNEDD) a été adopté en 2000. Au Sénégal, une loi de janvier 1983 portant Code de l'Environnement, contient des dispositions rendant l'ÉIE obligatoire. Le Plan d'Action Environnemental a été adopté en 1998. Malgré ces dispositions, les différentes ÉIES réalisées dans certains pays comme au Sénégal, ont été conduites sous forme de conditionnalité des bailleurs de fonds et selon leurs normes (D'Almeida, 2001). Cette situation ne garantit pas la prise en compte des impacts. En effet, les experts mandatés par les bailleurs de fonds ignorent très souvent les réalités locales, ce qui peut se traduire par une implication insuffisante des parties prenantes en particulier des acteurs locaux. Mais, on peut noter que la situation a beaucoup évolué et que les ÉIES intègrent à la fois les exigences des bailleurs de fonds et des pays bénéficiaires. Ainsi, les ÉIES de Kandadji et Sambangalou répondent à ce double principe. Les aménagements de la nouvelle génération répondent aux exigences en matière d'ÉIES. Ainsi, les impacts surtout biophysiques sont bien documentés et les impacts socio-sanitaires sont de mieux en mieux pris en compte. Toutefois, la réalisation d'une ÉIES ne garantit pas automatiquement une bonne gestion de la biodiversité. Dans le cas de Manantali/Diama, l'étude d'impact réalisée n'a pu prédire les évolutions actuelles des écosystèmes, malgré les moyens et les expertises scientifiques mobilisés (Ficatier et Niasse, 2008). Pour ces auteurs, ceci illustre le fait que les écosystèmes aquatiques sont complexes et

nécessitent la mise en place d'un système d'alerte pour faire face aux problèmes éventuels. De ce fait, un plan de gestion environnementale et sociale est indispensable pour suivre les impacts moins documentés.

Par ailleurs, dans tous les cas de projets sans étude d'impact (Markala et Sélingué), il n'y a pas eu de plans de préservation et/ou de compensation des zones sensibles. Cela a sans doute été préjudiciable à la biodiversité dans la mesure où ces projets ont entraîné des pertes irréversibles en ressources biologiques.

A contrario, les aménagements ayant fait l'objet d'ÉIES, ont été sanctionnés par des plans de gestion environnementale et sociale qui prennent en compte les mesures nécessaires de préservation et/ou de compensation des zones sensibles. Dans le cas de Manantali/Diama, un plan d'action a été élaboré pour le suivi des impacts. Mais, à l'évidence, l'accent a été mis beaucoup plus sur les impacts biophysiques. Cela correspond aux standards de l'époque où les impacts sociaux n'étaient pas suffisamment documentés. Dans les cas de Kandadji et Sambangalou, les impacts sociaux et biophysiques ont été bien documentés. Dans le cas de Kandadji, l'ÉIES a permis d'établir qu'environ 1400 ha de milieux humides, constitués par les mares, les prairies inondables, les cordons rupicoles, et de bas-fonds de même que des habitats pour la faune et une zone d'importance pour la conservation des oiseaux (ZICO) qui couvre un territoire de 10 000 ha seront perdus. Dans le cas de Sambangalou, entre autres impacts, il y a un risque élevé de perte de mangrove sur environ 3 000 ha. Un plan de gestion environnementale et sociale a été proposé, mais, il est reconnu que certains impacts comme la perte des mangroves ne peuvent être compensés. Des propositions ont été faites. Il est notamment préconisé d'agrandir les aires protégées actuelles du bief gambien et de renforcer leurs capacités. Ces propositions sont, de notre point de vue, incomplètes car elles ne déterminent pas les superficies sur lesquelles doivent porter les mesures. Nous estimons qu'il aurait été nécessaire de déterminer les superficies à mettre sous protection de façon à compenser chaque hectare perdu. De même, les propositions vont dans le sens d'aménager des aires protégées pour les besoins de la faune (cas de Kandadji). Il semble que le souci soit de préserver certaines formes d'écosystèmes uniquement pour les besoins des espèces fauniques. Mais pour nous, il faut considérer et protéger toutes les formes de biodiversité pour leurs valeurs intrinsèques et/ou les services écosystémiques qu'elles peuvent rendre.

- *De l'existence d'un plan de lutte contre les plantes envahissantes*

La lutte contre les plantes envahissantes est enchâssée dans la convention sur la biodiversité qui, en son Art. 8 alinéa h, stipule que les États dans la mesure du possible empêchent d'introduire, contrôlent ou éradiquent les espèces exotiques qui menacent des écosystèmes, des habitats ou des espèces. La convention a mis ainsi l'accent sur une des causes majeures de perte de biodiversité. Dans nos études de cas, seuls Kandadji et Sambangalou ont proposé des plans de lutte contre les plantes envahissantes. Dans le cas de Kandadji, un plan de gestion de la jacinthe d'eau a été élaboré et incorporé au plan de gestion environnementale et sociale.

- *De l'arrimage avec les stratégies de biodiversité.*

La convention sur la diversité biologique³⁵ a été adoptée en 1992 à Rio et actuellement, tous les pays de la zone étudiée l'ont ratifiée. La Guinée était le premier État à la ratifier le 07 mai 1993, suivie de la Gambie, le 10 juin 1994, le Sénégal, le 17 octobre 1994, le Mali, le 29 mars 1995 et enfin, le Niger le 27 juillet 1995. La convention invite les pays parties prenantes, en son article 6, alinéa a, à élaborer des stratégies, plans ou programmes nationaux tendant à assurer la conservation et l'utilisation durable de la diversité biologique ou adaptent à cette fin leurs stratégies, plans ou programmes existants. Les aménagements post-Rio notamment, les projets de Kandadji et de Sambangalou répondent à cette exigence de la convention. Dans ces cas, on peut affirmer que l'avènement de la convention a permis des avancées notables en matière de prise en compte de la biodiversité dans la mise en œuvre des actions de développement. En effet, les stratégies élaborées dans ce cadre ont permis de faire un état des lieux et des propositions pertinentes pour une meilleure gestion de la biodiversité. Ainsi, le Niger s'est doté, par exemple, d'une stratégie nationale et d'un plan d'action en matière de diversité biologique en décembre 1998. Ce document est le cadre de référence et de planification de toutes les actions en matière de diversité biologique.

ii. *Bilan de la prise en compte de la dimension politico-sociale*

- De la participation des populations locales

³⁵ Informations disponibles sur <http://www.cbd.int/countries/?country=sn>

La participation des parties prenantes³⁶ et en particulier des populations locales n'a pas toujours été garantie dans les aménagements fluviaux de l'Afrique de l'Ouest. Ainsi dans le cas de l'aménagement de la zone de l'office du Niger au Mali:

« L'administration de la zone irriguée fut confiée (y compris après l'Indépendance) à un organisme étatique, l'Office du Niger. Cette gestion fut marquée par une inefficacité et une incohérence presque légendaire dans la région, pendant la période coloniale comme par la suite. Surtout, toute initiative paysanne fut systématiquement brimée, une police économique surveillant scrupuleusement les faits et gestes de chacun des exploitants. Ceux-ci souffraient particulièrement des évictions qui punissaient les exploitants mauvais payeurs ou indisciplinés. Dans ce contexte dont la complexité est difficile à résumer dans un cadre introductif restreint, les périmètres irrigués de l'Office du Niger constituèrent pendant plusieurs décennies un modèle d'échec en matière d'aménagement et surtout de développement agricole» (Brondeau, 2004).

De même, dans les diagnostics faits dans les stratégies en matière de diversité biologiques des pays de la sous-région (*The republic of the Gambia*, 1998; République du Niger, 1998; République du Mali 2001; République du Mali, 2001; République du Sénégal, sans date)³⁷, il a été reconnu que les populations ne sont pas suffisamment impliquées dans la gestion de la diversité biologique.

Cependant, après analyse des rapports d'études d'impact environnemental et social des projets de Kandadji et de Sambangalou, une nette amélioration de la participation des populations est à souligner. Ainsi dans les deux cas, les parties prenantes ont été informées et consultées surtout au moment de l'étape de collecte de données socio-économiques et environnementales. Dans le cas de Kandadji comme dans celui de Sambangalou, il ne semble pas avoir été prévu des consultations formelles après le dépôt final de l'ÉIES. De toutes les façons, l'analyse du rapport est limitée par le fort taux d'analphabétisme de la population locale. Mais, des efforts

³⁶ Art. 8 j) Sous réserve des dispositions de sa législation nationale, respecte, préserve et maintient les connaissances, innovations et pratiques des communautés autochtones et locales qui incarnent des modes de vie traditionnels présentant un intérêt pour la conservation et l'utilisation durable de la diversité biologique et en favorise l'application sur une plus grande échelle, avec l'accord et la participation des dépositaires de ces connaissances, innovations et pratiques et encourage le partage équitable des avantages découlant de l'utilisation de ces connaissances, innovations et pratiques.

³⁷ Documents de stratégies et plan d'action en matière de diversité biologique disponible sur <http://www.cbd.int/countries/?country>

ont été faits pour faire assister les communautés à la validation des études. Toutefois, il y a un risque d'exclusion à la phase d'exploitation du projet en l'absence d'un cadre formel de participation.

- De la prise en compte du savoir local

La participation limitée de population a comme conséquence une prise en compte insuffisante du savoir local. Les enquêtes de terrain durant la réalisation de l'ÉIE permettent de récolter des données sur les savoirs locaux mais ne constitue pas vraiment des procédures de consultation publique. L'organisation de consultations publiques, suivant le dépôt de l'ÉIES, aurait donné une autre chance pour que les gens fassent part de leurs savoirs.

Ainsi, tous les pays concernés par les bassins reconnaissent une faible intégration du savoir local dans la gestion de la biodiversité. Cela semble encore le cas plusieurs années après l'élaboration de stratégies. Ainsi, dans les PGES de Kandadji et de Sambangalou qui datent respectivement de 2006 et 2007, les populations locales ne sont pas suffisamment associées à la surveillance et au suivi des impacts biologiques, contrairement à ceux de type socio-économique. Il y a comme un déni de leur compétence dans le domaine biologique. De notre point de vue, cela est sans doute lié au fait que le niveau local n'est pas représenté dans les dispositifs institutionnels des pays. En dépit des efforts déployés, cette situation doit être améliorée car la biodiversité est plus locale par nature en termes de répartition et de gestion (Lieutaud, 2006).

- De l'existence d'un cadre réglementaire et institutionnel adéquat

Le cadre réglementaire et institutionnel a été dominé avant les indépendances par un droit coutumier. Au Niger par exemple, dans le cas des ressources piscicoles, l'exercice de la pêche était placé sous l'autorité du dô, le « maître des eaux », et dans le cas des mares, sous celle du détenteur du foncier (Welcomme, 1985, cité par Tecsalt, 2006). Et selon le même auteur, peu après l'indépendance, l'État s'est approprié le droit de pêche et a aboli le droit coutumier en la matière. Mais le cadre institutionnel et réglementaire n'a pas été complété pour tenir compte de ces changements. Cependant, depuis la conférence de Rio, l'architecture institutionnelle se met progressivement en place. Ainsi, au niveau national et aussi des régions, l'État est représenté par des structures clairement identifiées. Cela semble dans bien

des cas manquer au niveau local. À ce niveau, ce sont surtout les ONG et associations qui interviennent. Mais, ces dernières à la différence des structures étatiques ne disposent pas de réel pouvoir de décision. Dans le domaine législatif et réglementaire, des problèmes persistent relativement aux outils complémentaires de lois régissant certains domaines. Par exemple, au Niger, la loi sur la pêche datant de 1998, n'est toujours pas suivie du décret d'application! Dans les stratégies de pays (république du Mali, 2001; république de Guinée 2002; république du Niger 2005; république du Sénégal, sans date; the Republic of the Gambia, sans date), l'amélioration des cadres législatif, réglementaire et institutionnel a été proposée, mais de notre point de vue, les propositions étaient insuffisantes car n'étaient pas assorties d'échéancier de mise en œuvre. La conséquence, comme on peut l'apprécier dans les revues de dispositifs législatifs et institutionnels faites dans les rapports d'ÉIES de Kandadji et de Sambagalou, est une situation qui n'a pas beaucoup évolué plusieurs années après les stratégies. Les dispositifs institutionnels et législatifs de pays sont incomplets. Cela est encore reconnu dans les troisièmes rapports de pays de la sous région (république du Mali, 2001; république de Guinée 2002; république du Niger 2005; république du Sénégal, sans date; the Republic of the Gambia, sans date). C'est sans doute en vue d'étoffer le cadre institutionnel que dans le cas de Kandadji par exemple, il a été proposé de créer des comités villageois, qui seront des répondants des services centraux. Mais, contrairement aux services centraux proposés (Service de gestion de la jacinthe d'eau, Service de gestion des ressources halieutiques, Service de gestion des écosystèmes), les comités locaux ne sont pas spécialisés alors que cela aurait permis une meilleure contribution.

- De l'existence d'un plan de valorisation de la biodiversité

La faible implication des populations locales dans les activités de gestion de la biodiversité, a eu comme conséquence leur mise à l'écart des avantages liés aux ressources biologiques. De ce fait, la valorisation des éléments de la diversité biologique est mal encadrée. La conséquence est une surimposition des ressources par une population qui dispose de peu d'alternatives. Ainsi, contrairement aux dispositions de l'article 10³⁸ de la CDB, dans le cas de Sélingué par exemple, l'électricité produite et les ressources piscicoles sont presque entièrement transportées en dehors de la zone.

³⁸ Article 10. Utilisation durable des éléments constitutifs de la diversité biologique

Aménagement hydro agricole de l'office du Niger au Mali

Nom du projet : aménagement hydro agricole de l'office du Niger au Mali (barrage de Markala)

But : irrigation

Caractéristiques du projet : créé en 1932 aux fins de développer la culture irriguée du coton et celle du riz, ce grand complexe de production s'est spécialisé à partir des années 1970 dans la riziculture. Il s'agissait à l'époque d'arriver à l'irrigation de 1 million d'ha pour la culture du coton. Mais, seulement 60 000 ha ont été réalisés auxquels s'ajoutent 90 000 ha de riz et canne à sucre. Entre 1934 – 1947 interviendra la construction du barrage de Markala. Dans les années 20, l'identification de ce site a conduit l'ingénieur français François Bélime à concevoir un vaste projet d'aménagement hydro-agricole avec la remise en eau des anciens défluent du Niger qui nécessitait la construction d'un barrage sur le fleuve et le creusement d'un canal adducteur et deux canaux principaux. Le projet initial (1929) prévoyait l'aménagement de 960 000 ha dont 510 000 ha pour la culture du coton et 450 000 ha pour le riz. C'est pour la réalisation de ce vaste programme que fut créé l'Office du Niger. Les réalisations sont restées bien en deçà des objectifs initiaux avec, à l'indépendance, 45 000 ha aménagés dont seulement 82 % cultivés.

Caractéristiques du barrage: situé sur le fleuve Niger, environ 40 km en aval de la ville de Ségou. Le barrage a été achevé en 1947. L'ouvrage principal est constitué d'un barrage en terre. Sa longueur est de 1,8 km et sa hauteur de 8 m. Il a une capacité d'environ 1, 8 millions de m³, permettant d'alimenter les canaux de l'Office du Niger d'un débit variant entre 40 et 140 m³/sec par le rehaussement du plan d'eau.

Remarques : Le barrage de Markala fût achevé en 1947 au prix de lourdes pertes humaines et de l'emploi systématique du travail forcé. Il constitue le principal projet d'irrigation en Afrique de l'Ouest et est primordial pour la production rizicole du Mali. Certaines populations d'oiseaux aquatiques sont à présent tributaires de terres humides connexes nouvellement créées. Cependant, le delta intérieur du Niger et son million d'habitants sont perdants sur tous les plans. Depuis plus de 50 ans, le barrage permet d'irriguer par gravitation 60.000 ha de périmètres en rive gauche du fleuve. Entre les années 1995 et 1998, un programme de réhabilitation des structures de génie civil et de l'équipement mécanique a été réalisé. L'accroissement du prélèvement d'eau dans le fleuve Niger a un impact négatif considérable sur le delta intérieur du Niger. En raison du réservoir de Sélingué et de l'irrigation dans l'Office du Niger, le niveau d'eau dans le delta intérieur du Niger a baissé de 20 à 25 cm. Compte tenu de la baisse des niveaux d'eau, la zone inondée du delta intérieur du Niger a diminué de 900 km².

Sources : Wetlands international. (Sans date, consulté 19-12-08) ; Keita et al (2001); Brondeau (2004); République du Mali (2006); Boschmann (2008).

Barrage de Sélingué

<i>Nom du projet : Barrage de Sélingué</i>
<i>But : multiples : i) production d'énergie électrique; ii) irrigation; iii) pêche; iv) amélioration de la navigabilité du fleuve.</i>
<i>Caractéristiques du projet : construit sur le Sankarani, un affluent du Niger. Il est situé à 130 km en amont de Bamako, la capitale du Mali, et à 40 km de la confluence Sankarani - Niger. Les travaux de construction du barrage, commencés en 1976, ont duré quatre ans. L'inauguration officielle a eu lieu le 11 décembre 1982.</i>
<i>Caractéristiques du barrage : il comprend deux digues en terre totalisant 3 km ; une centrale hydroélectrique équipée de quatre groupes Kaplan de 11 MW chacun ; un barrage déversoir équipé de neuf volets dont une vanne secteur. Création d'un lac artificiel de 409 km² à la cote 348,50 m s'étendant sur une longueur de 80 km, dont près de 20 km de frontière entre le Mali et la Guinée. Sa profondeur moyenne est de cinq mètres, avec un maximum de 20 mètres. Le volume utile du réservoir est de deux milliards de m³.</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Production d'énergie : productible de 200 millions de kWh, produit en moyenne 150 millions de kWh par année. • Irrigation : permet la mise en valeur de 55 000 ha. Pour l'instant, seul un périmètre pilote de 1250 ha a été aménagé à l'aval immédiat du barrage. Énormes potentialités encore mal exploitées. • Pêche : production annuelle qui atteint 4 000 tonnes dont plus de 70 % pour Bamako. • Soutien de l'étiage : sans le barrage, le Niger aurait cessé de couler à Bamako en 1984.
<i>Remarques : Le projet de Sélingué n'a fait l'objet que d'une évaluation environnementale sommaire qui dégageait les grands enjeux environnementaux du projet. Une évaluation environnementale détaillée aurait été nécessaire afin de mieux comprendre les impacts sociaux et de proposer les mesures d'atténuation pertinentes.</i>

Sources : Réseau d'Expertise E7 pour l'Environnement Global (2003) et Wetlands international (Sans date, consulté 19-12-08) ; Hébert (sans date)

Programme d'Aménagement de la Vallée du Sénégal

<p>Nom du projet : Programme d'Aménagement de la Vallée du Sénégal : barrages de Dama (en aval) et de Manantali (en amont).</p> <p>But : multiple : garantir une production d'énergie hydroélectrique de 800 GWh/an; permettre l'irrigation de 375 000 ha et assurer la navigabilité du fleuve sur 800 km : de Kayes au Mali à l'embouchure à Saint-Louis (Sénégal).</p> <p>Caractéristiques du barrage de Manantali : situé sur le fleuve Bafing, principal affluent du fleuve Sénégal, à 90 km en amont de Bafoulabé. Construit entre 1982 et 1988, le barrage de Manantali est constitué d'une digue de 1 460 m de long et a une hauteur de 66 m à la fondation. À la cote de remplissage 208 mètres, sa retenue a une capacité de 11,3 milliards de m³ et couvre une superficie de 477 km². Le barrage de Manantali régularise le débit du fleuve Sénégal et permet d'irriguer un potentiel de 255 000 ha de terres et à terme, devra permettre la navigabilité du fleuve sur environ 800 km.</p> <p>Caractéristiques du barrage de Dama : localisé à 27 km en amont de Saint-Louis, le barrage de Dama, d'une hauteur de 18 mètres, a été construit entre 1981 et 1986. La fonction première du barrage Dama est d'arrêter la remontée de l'eau de mer dans la partie aval du fleuve. Le barrage est encadré par deux digues rive droite et rive gauche sur une distance de 85 à 90 km. La digue rive gauche fut réalisée en 1965 (puis réhabilitée dans le cadre du programme OMVS), tandis que la digue rive droite a été réceptionnée en 1988. Ces digues permettent au barrage de Dama de stocker de l'eau en amont : à la cote 2,5 m, le volume stocké est de 500 millions de m³. La retenue de Dama permet le remplissage des axes hydrauliques et marigots de la basse vallée et du delta, et en particulier du lac de Guiers et du lac R'Kiz. Dama permet également d'irriguer environ 120 000 ha dans la basse vallée et le delta du fleuve.</p> <p>Remarques : les barrages de Dama et de Manantali offrent un potentiel de 375 000 ha de terres irrigables. Sur ce potentiel, on estime que 130 000 ha sont aujourd'hui aménagés, dont environ 90 000 ha exploitables (y compris pour l'agro-industrie). Les superficies annuellement exploitées sont de l'ordre de 50 à 60 000 ha. Une étude d'impact environnemental fut réalisée de 1977 à 1980 sur financement USAID³⁹. Le volet énergie de Manantali n'intervient que dix ans après la fin de la construction du barrage. Une évaluation de la situation sanitaire et environnementale dans le delta et la vallée a révélé plusieurs impacts négatifs dont certains sont en partie connus, mais leurs effets sont souvent mal évalués, d'où la difficulté de mesurer avec exactitude les risques qui en découlent. C'est donc pour pallier ces insuffisances que l'OMVS a décidé de mettre en place un Observatoire de l'Environnement en mai 2000⁴⁰.</p> <p>Sources PONSYP. (1998); SOE-OMVS, 2007 ; Ficatier, Y. et Niasse, M. (2008);</p>
--

³⁹ USAID: United States Agency for International Development

⁴⁰ Cet Observatoire doit suivre l'évolution de l'état l'environnement et des ressources naturelles dans le bassin du fleuve Sénégal pour fournir aux États membres (Guinée, Mali, Mauritanie et Sénégal) et aux différents partenaires de l'OMVS, les informations nécessaires pour mesurer les impacts des barrages et des aménagements hydrauliques, en vue de mettre en œuvre des actions de correction et d'atténuation des effets négatifs sur l'environnement.

Programme Kandadji de régénération des écosystèmes et de mise en valeur de la vallée du fleuve Niger

<p><i>Nom du projet</i> : Programme Kandadji de régénération des écosystèmes et de mise en valeur de la vallée du fleuve Niger (P-KRESMIN).</p>	<p><i>But</i> : ouvrage de régularisation multifonctionnel. Il doit contribuer à la réduction de la pauvreté grâce à la régénération (par la régularisation des débits du cours d'eau) du milieu naturel, l'amélioration de la sécurité alimentaire et la couverture des besoins en énergie.</p>	<p><i>Caractéristiques</i> : c'est un ouvrage de régulation dont les travaux de construction viennent d'être lancés en août 2008. La retenue aura un volume total de: $1,596 \times 10^9 \text{ m}^3$, 282 km² de superficie. Il est localisé au village de Kandadji sur le fleuve Niger. Le programme comporte une centrale hydroélectrique d'une capacité de 125 MW construite en même temps qu'une ligne de transport associée de 132 KV; un programme de développement local axé sur le renforcement des capacités, l'aménagement de 31 000 ha (l'horizon 2034 : 1 000 ha/an; 6 000 ha en phase principale de construction) de périmètres irrigués et d'autres réalisations et activités génératrices de revenus.</p>	<p><i>Remarques</i> : Le projet affectera 1 400 ha de milieux humides (mares, les prairies inondables, les cordons ripicoles, et de bas-fonds), entraînera une perte d'habitats pour la faune et d'une zone d'importance pour la conservation des oiseaux (ZICO) de 10 000 ha. Le Niger compte 15 ZICO, dont deux sont à l'intérieur de la zone d'étude générale (Ayorou et le Parc national du W). La ZICO d'Ayorou : 20 000 oiseaux aquatiques, Parc national du W : 560 espèces de plantes, 70 espèces de mammifères, 150 espèces d'amphibiens et de reptiles, 112 espèces de poissons et 367 espèces d'oiseaux. Les espèces menacées ou vulnérables : grue couronnée, loutre à joues blanches du Cap, le lamantin d'Afrique, l'hippopotame commun, la gazelle dorcas, la gazelle dama, le lycaon et la hyène rayée.</p>	<p>Le PGES a été préparé conformément aux exigences nigériennes en matière d'évaluation d'impact environnemental et de celles des procédures d'évaluation environnementale et sociale (PEES) de la Banque Africaine de Développement (BAD).</p>
---	--	---	---	---

Sources Tecsalt, 2006

Aménagement hydroélectrique de Sambangalou

Nom du projet : Aménagement hydroélectrique de Sambangalou

But : hydroélectricité

Caractéristiques du projet : L'aménagement de Sambangalou est situé au Sénégal à 930 km en amont de l'embouchure du fleuve Gambie et à près de 25 km au sud de Kédougou. Il concerne trois pays membres de l'OMVG, soit d'est en Ouest la Guinée, le Sénégal et la Gambie. Le futur réservoir qui sera créé par le barrage de Sambangalou est à cheval entre le Sénégal et la Guinée, la majeure partie se trouvant en Guinée. Le réservoir aura une superficie de 181 km² pour un volume de 1,7 milliards de m³. D'une puissance de 128 MW et d'un productible de 400 GWh, Sambangalou a comme vocation principale la production électrique

Remarques : Ce barrage remplace les propositions du milieu des années 80 qui visaient à construire un barrage anti-sel et un barrage régulateur à buts multiples. Ce projet d'aménagement n'a pas réussi à intéresser les bailleurs de fonds. La fonction principale de l'aménagement serait d'augmenter le débit d'étiage afin de permettre la réalisation du plein potentiel d'irrigation de la Gambie sans risque d'accentuer la remontée de la langue salée.

L'actuelle version du projet est l'une des trois composantes du projet de l'OMVG, soit les aménagements hydroélectriques de Sambangalou et de Kaléta et la ligne d'interconnexion, forment ensemble le projet Énergie. Ce projet constitue la première phase de la mise en œuvre du Programme de Développement Énergétique de l'OMVG.

La réalisation de ces aménagements permettra d'exploiter un potentiel énergétique encore largement inexploité et de réduire les besoins en combustibles fossiles et bois de chauffe. L'hydroélectricité, peu polluante et renouvelable, serait ainsi avantageusement utilisée advenant l'interconnexion de l'ensemble des réseaux électriques de la sous région. C'est dans cette optique que plusieurs études ont été financées depuis une dizaine d'années par les pays membres de l'OMVG et la communauté internationale, notamment le groupe de la Banque Africaine de Développement.

L'important volume de retenue peut contribuer au développement aval, notamment au niveau de l'irrigation. C'est donc un projet qui offre des avantages intéressants mais qui présente aussi des risques environnementaux et sociaux qu'il faudra gérer avec grande attention, notamment au niveau de la réinstallation des populations et des zones humides riveraines au fleuve Gambie en aval du barrage.

Sources OMVG, 2006; OMVG, 2007.

Annexe E

Guide d'entretien à l'intention des cadres techniques

A. Identification des Options d'aménagements possibles liées à la mise en œuvre du Programme Kandadji de Régénération des Écosystèmes et de Mise en valeur de la vallée du Niger (P-KRESMIN)

1. Quelles sont les propositions existantes d'aménagements du bassin du Niger que vous connaissez ? Qui en est ou en était le promoteur ?
2. Quelles autres options d'aménagements du bassin du Niger pouvez-vous proposer ?
3. Votre commentaire sur les principales considérations qui motivent le choix des options (projets simples ou intégrés) envisagées.
<p>4. Identification des enjeux majeurs</p> <p>Pensez-vous que les éléments suivants sont pertinents comme enjeux ou questions majeurs liés à l'aménagement de la vallée du Niger? (Justifier votre réponse et ajouter d'autres éléments que vous jugez pertinents)</p>
<p>4.1. Sur le plan écologique :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Biodiversité <ul style="list-style-type: none"> ➤ perte d'espèces ichtyologiques • Rôle écologique des habitats naturels <ul style="list-style-type: none"> ➤ perte des productions halieutiques ➤ augmentation des productions halieutiques ➤ perte d'espèces végétales (y compris le phytoplancton) et animales (y compris le zooplancton) sur les sites d'implantation du barrage et des zones humides adjacentes ➤ modification de la distribution de la végétation herbacée et/ou de l'ichtyomasse • Modification des habitats naturels <ul style="list-style-type: none"> ➤ Perturbation des sites avifaunes (pertes de nutriments, nichoirs et/ou dortoirs) ➤ Perturbation des frayères ➤ Perturbation des habitats des espèces emblématiques (hippopotames, lamantins, loutres, crocodiles, etc.) ➤ Réhabilitation des habitats • Modification de la composition taxonomique de la faune aquatique (poissons, hippopotames, lamantins, loutres, crocodiles....) et de la flore (y compris les espèces consommées par les poissons, les hippopotames et les lamantins, les loutres.) dans la zone d'influence du barrage

<ul style="list-style-type: none"> • Modification du débit aval
<p>4.2. Sur le plan économique :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stimulation de l'économie locale et nationale • Génération de revenus dans la zone du barrage <ul style="list-style-type: none"> ➤ Modification et/ou diversification des productions irriguées ➤ Développement de la pisciculture ➤ Productions irriguées ➤ Modification du rendement de la pêche ➤ autres <p>4.3. Sur les plans énergétiques et techniques :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Satisfaction de la demande énergétique nationale et locale : demande industrielle
<p>4.4. Sur le plan social et culturel :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Perturbation des sites touristiques et/ou culturels • Santé des populations riveraines : recrudescence et/ou endémisme des maladies liées à l'eau (filariose, schistosomias, malaria, dracunculose, etc....) • Déplacement de populations • Cohabitation populations : locales vs déplacées • Emplois nouveaux créés dans les zones rurales • Arrêt de l'exode rural • Accès à l'eau potable • Accès à l'électricité • Conservation des Biens culturels et patrimoniaux • Satisfaction de la demande énergétique nationale et locale : demande sociale • Création de nouveaux centres ou pôles d'attraction en zone rurale • Modification des modes de vie des populations locales <ul style="list-style-type: none"> ➤ Calendrier des activités d'exploitation des ressources ➤ Gestion des systèmes d'utilisation des terres ➤ la tenure des terres ➤ Techniques d'exploitation des ressources ➤ modification des techniques et des pratiques de pêche ➤ Gestion du foncier : modification des systèmes de tenure et d'utilisation des terres
<p>4.5. Sur le plan aménagement du territoire</p> <ul style="list-style-type: none"> • Déstructuration du territoire dans le bassin • Modification de l'utilisation des sols

B. Prise en compte et priorisation des préoccupations et enjeux

Il est prévu dans le cadre du programme Kandadji l'aménagement de 31 000 ha pour les cultures irriguées d'ici 2034 en raison de 1000 ha par an ,mais 6 000 ha avant la construction du barrage, création d'aires protégées, d'îles pour la gestion de la faune⁴¹ intégrant le développement de l'éco tourisme et lutte contre la jacinthe.

<p>1. Pensez-vous que cette option prend en compte les préoccupations et enjeux les plus importants (voir 4)?</p> <p>De manière satisfaisante.....Assez satisfaisante...Peu satisfaisante...Pas du tout satisfaisante....</p> <p>Commentaires</p> <p>2. Quels sont les préoccupations et enjeux majeurs auxquels doit répondre une option? Ex. satisfaction de la demande alimentaire, préservation et réhabilitations des habitats naturels, prise en compte de savoirs locaux, dévolution du pouvoir aux populations, statut et forme de gestion, etc.</p> <p>3. Quelles autres options pouvez-vous proposer?</p>

C. Les informations pertinentes sur la biodiversité : localisation et mode d'acquisition

D. Autres commentaires, suggestions par rapport aux enjeux majeurs.

⁴¹ Pour compenser la perte de 10 000 ha de zones d'importance pour les oiseaux (ZICO), la création des mares permanentes, l'ensemencement des bourgoutières sur les hauts fonds, les CES/DRS, la gestion des massifs forestiers et les reboisements permettraient à l'avifaune, aux hippopotames et aux lamantins de trouver une nourriture suffisante, surtout lorsque le réservoir sera plein. Une approche participative est prônée pour sa gestion.

Annexe F

Guide de conduite des *focus group*

Localité : -----

Nom du groupe: -----

Nom du chef du groupe : -----

Date et origine de la création du groupe -----

Activités principales : -----

Activités menées sur le fleuve Niger : -----

1. État du bassin fluvial
2. Connaissance du programme Kandadji
 - a. Enjeux liés au programme Kandadji
 - b. Opportunités et menaces
3. Enjeux liés au programme «Kandadji»
 - a. Enjeux liés à l'environnement biophysique
 - Terres agricoles et aménagements hydro agricoles
 - Pâturage
 - Qualité et disponibilité de l'eau et satisfaction des différents usages
 - Espèces de flore et de faune
 - État actuel des ressources fauniques et floristiques
 - Cas particulier des espèces localement importantes et/ou menacées
 - Habitats des espèces
 - Faune
 - Ichtyofaune
 - b. Enjeux liés à l'environnement socioéconomique
 - Population
 - Relations sociales au sein des communautés
 - Activités socioéconomiques

- Participation à la gestion et à l'exploitation des ressources naturelles
 - Accès aux ressources naturelles
 - Revenus liés aux activités socioéconomiques et à l'exploitation des ressources
 - Autres types de revenus
- c. Enjeux et impacts liés au programme «Kandadji» sur l'environnement biophysique et humain
- Priorités et objectifs en matière de gestion des ressources naturelles en lien avec le programme «Kandadji»
 - Proposition faites dans le cadre programme «Kandadji»
 - Solutions possibles pour une exploitation durables des opportunités liées au programme «Kandadji»
 - Conséquences anticipées de la mise œuvre des solutions envisagées
- d. Autres points importants à aborder

Annexe G

Guide d'observations de terrain

1. Caractérisation de la vallée du fleuve dans la zone du programme Kandadji

- Morphologie générale
 - Existence des structures importantes du point de vue écologique
 - Lit principal
 - Plaine inondée
 - Régime des marais et mares
 - Chenaux et canaux de pêche
 - Bourrelets de berge
 - Caractéristiques de la plaine inondée
 - Nature de la plaine inondée
 - Plaine de bordure
 - Accident du relief
- Écologie générale (identification et observations des différents écosystèmes et espèces du bassin du Niger dans la zone du programme Kandadji)
 - Végétation ripicole dominante (herbacée et arborée)
 - Végétation flottante dominante
 - Faunes (terrestres et aquatiques)
 - Ichtyofaune
- Hydrologie générale
 - État du flux
 - Précipitations
 - Nature du débit

2. Utilisations des ressources du bassin

- Agriculture
 - Identification et observations des AHA
 - Identification et observations des sites de riziculture traditionnelle
- Élevage
 - Zones de pâturage


- Bourgoutières
 - Transhumance sahélienne
 - Pêche et pisciculture
 - Engin de pêche
 - Captures
 - Cage flottante
 - Étang
 - Agro pisciculture
 - Foresterie
 - Agroforesterie
 - Sylviculture
 - Exploitation de bois énergie
 - Cueillette des produits
 - Tourismes et loisirs
 - Consommation et autres usages de l'eau
3. Autres informations pertinentes
-

Annexe H


Procédure d'implémentation des données dans le logiciel D-Sight

Les données à intégrer dans D-sight sont les actions (options), les critères, les acteurs ainsi que les poids de critères.

1) *Insertion et suppression des actions*

Pour insérer une action (alternative dans le logiciel D-Sight), il faut cliquer sur  de la barre d'outils (ou passez par *model, alternatives*). Après l'insertion, il faut définir les propriétés suivantes pour l'action:


- nom : donner un nom qui permet d'identifier l'action;
- abréviation : un nom plus court qui permet d'améliorer la lisibilité de certains graphiques. Pour attribuer une abréviation, double clic sur la cellule correspondante et saisir directement l'abréviation retenue. Il est toujours possible de la modifier par la suite;
- groupe: permet de spécifier des groupes d'actions (voir groupes d'actions). Par défaut, une action n'est classée dans aucun groupe et la valeur « none » apparaît dans la cellule groupe. Pour attribuer un groupe à l'action cliquer sur la cellule et choisir le groupe. Si aucun groupe n'a été défini, seuls les « none » apparaissent dans la liste.

Pour supprimer une action donnée, il faut passer par l'onglet *the Alternatives view* (Model -> Alternatives), et se positionner sur l'action à supprimer et par un clic droit on procède à la suppression de l'action. En cliquant sur , on peut supprimer la dernière action de la liste.

NB :



- on ne peut plus récupérer les données relatives à une action qui a été supprimée;
- on peut activer/désactiver une action, pour l'inclure ou l'exclure de l'analyse en cliquant sur la case en face du nom;
- on peut prédéfinir le nombre d'action en passant par l'outil dit « wizard »;


2) *insertion et suppression des critères*

Pour ajouter un critère, il faut cliquer sur  de la barre d'outils ou passer par l'onglet *model* puis *criteria*. Après l'insertion, il faut définir les propriétés suivantes pour le critère:

- nom : nom qui permet d'identifier le critère;


- abréviation : un nom plus court qui permet d'améliorer la lisibilité de certains graphiques. Pour attribuer une abréviation, double clic sur la cellule correspondante et saisir directement l'abréviation retenue. Il est toujours possible de la modifier par la suite.

Catégorie: permet de spécifier à quelle catégorie le critère appartient. Par défaut, un critère n'est classé dans aucune catégorie et la valeur « none » apparaît dans la cellule groupe. Pour attribuer une catégorie à l'action cliquer sur la cellule et choisir la catégorie. Si aucune catégorie n'a été définie, seuls les « none » apparaissent dans la liste. Pour définir des catégories de critères, il faut cliquer sur hiérarchie pour ouvrir la fenêtre de définition des catégories. Il y a deux types de symboles (nœuds) : le jaune  qui représente les catégories et le bleu  qui représente les critères.

Pour ajouter une catégorie, il faut sélectionner le nœud jaune  puis cliquer sur ajouter une catégorie et pour supprimer une catégorie, on sélectionne le nœud jaune avant de cliquer sur supprimer une catégorie.


Par défaut, le poids d'une catégorie et d'un critère est de 0%. Pour définir des poids égaux aux critères d'une même catégorie, sélectionner la catégorie et cliquez sur *set equal*.

Comme pour le critère, on peut définir un nom et une abréviation pour chaque catégorie. On peut aussi assigner une couleur différente à chaque catégorie. Enfin, on peut activer/désactiver une catégorie en cliquant sur la case en face du nom.

Pour supprimer un critère donné, il faut passer par *the criteria view* (Model -> criteria), et se positionner sur le critère à supprimer et par un clic droit, supprimer. En passant par l'onglet , on peut supprimer le dernier critère de la liste.

NB :

- comme pour l'action, il n'est pas possible de récupérer les données relatives à un critère qui a été supprimé;
- on peut prédéfinir le nombre de critères en passant par *wizard*;
- on peut activer/désactiver un critère, pour l'inclure ou l'exclure de l'analyse en cliquant sur la case en face du nom;

Pour spécifier directement le nombre d'actions et/ou de critères, cliquez sur le bouton : 

3) Définir les indicateurs et échelles de mesure pour chaque critère.

Les méthodes PROMETHÉE et GAIA permettent de définir deux types d'échelle : l'échelle quantitative (numérique) ou l'échelle qualitative (définie par l'utilisateur).

Pour introduire une évaluation, cliquez sur la cellule correspondante du tableau pour la sélectionner.

- dans le cas d'une échelle numérique, on saisit simplement le nombre et on presse la fonction *entrée* du clavier;
- dans le cas d'une échelle qualitative, il faut passer par *Model*, ajouter une nouvelle échelle, taper le nom, cliquer sur *ok*. Pour définir la valeur, cliquer sur *add level* et ajouter la valeur. L'échelle apparaîtra automatiquement au niveau du tableau d'évaluation.

4) Structuration du tableau de performances

Le tableau de performance (*Preferences*) contient plusieurs colonnes :

- critère : contient les critères d'évaluation;
- type : D-Sight permet de faire deux types d'évaluation : comparaison par paire (*Pair Wise*) et aussi l'utilité (*utility*). Dans notre cas, nous utiliserons la comparaison par paire d'actions;
- min/max : en cliquant sur cette cellule, on peut maximiser ou minimiser un critère en fonction de sa nature;
- fonction : en cliquant sur cette cellule, on peut spécifier le type de fonction de préférence (cf. sous point 5 sur les fonctions de préférences);
- abs/rel : cette cellule permet de choisir entre des seuils exprimés sur l'échelle des évaluations (Absolu) et des seuils exprimés en pourcentage (relative);
- indifférences et Préférences : ces deux cellules permettent de définir les seuils. Selon le type de fonction de préférence choisi, on doit définir un ou deux seuils au maximum. Ces valeurs permettent de mieux apprécier la façon dont on compare deux actions sur un critère donné.
 - le seuil d'indifférence Q (types II, IV et V) : c'est le plus grand écart que l'on peut considérer comme négligeable sur ce critère. Il s'agit donc d'une valeur relativement petite par rapport à l'échelle de mesure du critère;
 - le seuil de préférence P (type III, IV et V) : c'est le plus petit écart que l'on peut considérer comme décisif dans l'établissement de sa préférence pour une action

plutôt que pour une autre. Il s'agit donc d'une valeur relativement grande par rapport à l'échelle de mesure du critère.

Le seuil d'indifférence Q doit toujours être inférieur au seuil de préférence P.

Choix et justification des fonctions de préférence

Les six types de fonction de préférence disponibles pour les méthodes PROMETHEE et GAIA et implémentés dans D-Sight sont spécifiées au tableau 5.8. Ainsi:

- Type I (critère usuel) est utilisé lorsque l'utilisation veut marquer une préférence stricte entre deux actions dès qu'il y a le moindre écart entre les évaluations. Dans ce cas, aucun seuil n'est nécessaire;
- Type II: quasi-critère (forme-U): avec seuil d'indifférence uniquement, utilisé souvent pour une échelle discrète (critères qualitatifs);
- Type III: critère à préférence linéaire (forme-V): avec seuil de préférence uniquement. Ce type est utilisé pour des évaluations en nombres réels mesurés sur une échelle continue (quantitatifs) et que le décideur ne fixe pas de zone d'indifférence;
- Type IV: critère à paliers: similaire à Forme-U mais avec un seuil de préférence supplémentaire, utilisé pour des critères qualitatifs par exemple « très mauvais, mauvais, moyen, bon, très bon » auxquels, on doit leur associer des valeurs numériques: 1, 2, 3, 4, 5;
- Type V: critère à préférence linéaire avec zone d'indifférence (linéaire): similaire à la Forme-V mais avec un seuil d'indifférence supplémentaire. Ce type est utilisé pour des évaluations en nombres réels (quantitatifs) mesurés sur une échelle continue;
- Type: critère gaussien: le degré de préférence croît de façon continue. Un seul paramètre S_j doit être fixé. Ce type est utilisé plus rarement.

5) Modélisation multi acteurs

Bien que dans la démarche d'AMCD, l'identification des acteurs doit se faire en tout début du processus, l'intégration de ces données dans le logiciel D-Sight se fait à une phase avancée. Pour la modélisation multi acteurs, il faut effectuer les opérations suivantes:

- créer une instance du modèle par acteur en cliquant sur *Multi-users*, puis *manager* et *new user*. On peut modifier les données pour un acteur donné en choisissant l'acteur au niveau de *working as* (il faut pour cela installer au préalable le *multi Actor plugin* en passant par plugins).
 - chaque acteur a ainsi son tableau de performance, ses poids et ses résultats ;
- 6) *Génération et analyse de résultats pour chaque acteur*

Il s'agit de générer les rangements partiels PROMETHEE I (Diamant) et rangements complets PROMETHEE II pour chaque acteur, des profils des scénarios, des plans Gaïa et autres outils de visualisation des résultats.

f. Rangement des actions selon PROMETHEE I Et II

- Pour générer un rangement des actions selon PROMETHEE I : *Analysis->Ranking->PROMETHEE I Diamond* ou par le raccourci [Ctrl+D]. Par un clic droit, il est possible de copier ou d'enregistrer l'image;
- pour générer un rangement des actions selon PROMETHEE II : Il faut passer par *Analysis->Ranking->PROMETHEE II* ou le raccourci [Ctrl+P]. Par un clic droit, il est possible de copier ou d'enregistrer l'image, on peut aussi classer les actions (*sort*) ou activer ou désactiver les abréviations (*short names*)...

g. Plan GAIA

Trois types de plan GAIA sont disponibles dans D-Sight : Gaia, GaiaStick et GaiaCriterion

h. Profil des actions

Pour générer les profils, il faut passer par *Analysis -> Profiles*. Le profil des actions permet de comparer les scores des actions deux à deux et sur chaque critère. Ils permettent donc d'identifier et de comparer les forces et les faiblesses respectives de deux actions. Le profil d'une action est une représentation graphique des valeurs des flux nets unicritères de cette action. Chaque critère est représenté par une barre verticale : les barres orientées vers le haut correspondent à des forces de l'action, celles orientées vers le bas correspondent à des faiblesses de l'action.

i. Les intervalles de stabilité

Pour générer les intervalles de stabilité il faut passer par *Analysis -> Sensitivity -> Stability intervals*. Ces intervalles indiquent dans quelle mesure le poids d'un critère peut être modifié

sans affecter le classement complet des actions (PROMETHEE II). Une couleur verte indique un large intervalle et à l'inverse, une couleur rouge indique un intervalle plus petit. On peut changer le nombre des premières actions qu'on considère stables (stability level).

j. Autres outils de visualisation des résultats

- "Walking weights": *Analysis -> Sensitivity -> Walking Weights* ou [Ctrl+W]. Ils permettent de réaliser une analyse de sensibilité visuelle et interactive sur les poids des critères. Il faut ouvrir deux fenêtres. La première est celle qui représente les valeurs du flux net multicritère des actions. Il correspond au classement PROMETHEE II. La seconde représente la hiérarchie des poids des critères. L'importance relative de chaque critère y est exprimée en pourcentage du poids total de tous les critères. Pour effectuer une analyse de sensibilité sur les poids d'un critère donné, il existe deux possibilités. La première, en mode absolu, considère tous les critères de manière individuelle. Il faut sélectionner un critère soit sur le graphique, soit dans la hiérarchie à gauche du graphique des poids. La sélection est confirmée par un palisement de la barre correspondante. Il devient alors possible de modifier le poids du critère sélectionné en agissant sur le curseur de la barre graduée située au bas de la fenêtre. Les valeurs du score du flux net sont recalculées automatiquement dans le graphique supérieur. La seconde, en mode relatif, permet de travailler directement sur les regroupements de critères. Les modifications apportées aux poids des critères sont effectives dans la fenêtre des "Walking weights" et dans le plan GAIA. Par contre, les données du tableau d'évaluations ne sont pas modifiées. Le bouton Reset annule les modifications et fait revenir aux poids initiaux. Le bouton Save permet de remplacer les valeurs initiales par les nouveaux poids;
- "Thermo" : *Analysis->Ranking->Thermo*. La partie verte indique la zone positive en haut (entre 0 et 1) et la partie rouge indique la zone négative en bas (entre 0 et -1);
- "FlowViewer": *tools-> FlowViewer*. Il donne une représentation graphique des scores des actions sur un critère donné. On peut changer le seuil d'indifférence et/ou de préférence sur les critères.

k. Autres fonctionnalités de D-Sight

- Filtrage : *outils->filtrage* : l'outil de filtrage nous permet d'établir des paramètres d'inclusion ou d'exclusion des actions. On peut activer ou désactiver des actions. On peut choisir un critère spécifique pour appliquer un filtrage soit en désactivant ou même en supprimant des actions qui répondent aux spécifications retenues dans le filtre.
- Classement: *Tools -> Sorting* : permet classer les actions par nom ou par rang et les critères par nom ou par poids. Et permet déplacer une action ou un critère.
- Options : *Tools -> Options*
 - General
 - *Close results windows when opening a new file*: en cochant cette case, les résultats sont réinitialisés dès que qu'on ouvre un nouveau fichier.
 - *Auto calculate results* : en cochant cette case, tous les résultats sont recalculés automatiquement dans toutes les fenêtres ouvertes, lorsqu'on modifie un paramètre.

- *Default name for items* : pour choisir les noms à attribuer aux options
- *Define a new name* : on peut définir les noms à attribuer aux options
- GAIA : pour choisir des couleurs dans le plan GAIA

7) *Génération et interprétation des résultats pour tous les acteurs*

Pour la génération de PROMETHEE II ainsi que le plan GAIA, il faut cliquer sur *Multi-users* puis un clic sur *View Global Results* (ctrl+M).

8) *Analyse de sensibilité et de robustesse*

Les intervalles de stabilité de poids par exemple aident à déterminer les critères et les intervalles de poids susceptibles de modifier le rangement des options. Les *Walking Weights* offrent une visualisation des modifications sur le classement des options découlant de changements sur les poids.

Annexe I

Catégories et caractéristiques des aires protégées

Catégorie	Caractéristiques
Ia : Réserve naturelle intégrale	<ul style="list-style-type: none"> • mises en réserve pour protéger la biodiversité et caractéristiques géologiques/ géomorphologiques; • visites, utilisation et impacts humains strictement contrôlés et limités pour garantir la protection des valeurs de conservation; • servent d'aires de référence indispensables pour la recherche scientifique et la surveillance continue.
Ib : Zone de nature sauvage	<ul style="list-style-type: none"> • généralement vastes aires intactes ou légèrement modifiées, qui ont conservé leur caractère et leur influence naturels; • sans habitations humaines permanentes ou significatives; • protégées et gérées aux fins de préserver leur état naturel.
II : Parc national	<ul style="list-style-type: none"> • vastes aires naturelles ou quasi naturelles mises en réserve pour protéger des processus écologiques de grande échelle, et les espèces et les caractéristiques des écosystèmes; • fournissent une base pour des opportunités de visites de nature spirituelle, scientifique, éducative et récréative, dans le respect de l'environnement et de la culture des communautés locales.
III : Monument ou élément naturel	<ul style="list-style-type: none"> • mises en réserve pour protéger un monument naturel spécifique, qui peut être un élément topographique, une montagne ou une caverne sous-marine, une caractéristique géologique telle qu'une grotte ou même un élément vivant comme un îlot boisé ancien; • généralement assez petites et ont souvent beaucoup d'importance pour les visiteurs.
IV : Aire de gestion des habitats ou des espèces	<ul style="list-style-type: none"> • visent à protéger des espèces ou des habitats particuliers, et leur gestion reflète cette priorité; • ont besoin d'interventions régulières et actives pour répondre aux exigences d'espèces particulières ou pour maintenir des habitats; mais cela n'est pas une exigence de la catégorie.
V : Paysage terrestre ou marin protégé	<ul style="list-style-type: none"> • l'interaction des hommes et de la nature a produit une aire qui possède un caractère distinct, avec des valeurs écologiques, biologiques, culturelles et panoramiques considérables; • la sauvegarde de l'intégrité de cette interaction est vitale pour protéger et maintenir l'aire, la conservation de la nature associée ainsi que d'autres valeurs.
VI : Aire protégée avec utilisation durable des ressources naturelles	<ul style="list-style-type: none"> • préservent des écosystèmes et des habitats, ainsi que les valeurs culturelles et les systèmes de gestion des ressources naturelles traditionnelles qui y sont associés; • généralement vastes, et la plus grande partie de leur superficie présente des conditions naturelles; • une certaine proportion y est soumise à une gestion durable et une utilisation modérée des ressources naturelles, non industrielle et compatible avec la conservation de la nature, y est considérée comme l'un des objectifs principaux de l'aire.

Source : adapté de Dudley et *al.*, (2008).

BIBLIOGRAPHIE

- Abdou M. S. (2005). "Présentation du projet Intrants (GCP/NER/041/BEL) Niger" in atelier de Cotonou sur les leçons apprises des projets « centres sur les gens » en Afrique sub saharienne francophone.
- ABN (2012). *Projet Niger-HYCOS*, Bulletin Mensuel de juin 2012, 11p.
- ABN (2007a). *Atlas du Bassin du fleuve Niger*. Niamey, 68 p.
- ABN (2007b). *Étude sur l'élaboration du plan d'action de développement durable (PADD) du bassin du Niger*, phase 1, Rapport de Bilan-Diagnostic.
- ABN (2005). *Document de présentation de la phase II du processus de vision partagée pour le développement durable du bassin du Niger* Conseil des Ministres, Abuja, 6 - 9 mai 2005, 17 p.
- ABN (2003). *Programme pluriannuel de développement de l'Autorité du Bassin du Niger*, ABN, Niamey, 63 p.
- ABN (2002). *Programme pluriannuel de développement de l'Autorité du Bassin du Niger*, Niamey, 63 p.
- ABN et al, (2006). *Système d'information hydrologique au service d'une gestion intégrée des ressources en eau pour le bassin du Niger*, Composante régionale du Système mondial d'observation du cycle hydrologique (WHYCOS).
- ABN (1980). *Plan de développement prospectif du bassin du Fleuve Niger*. Secrétariat exécutif de l'ABN, Niamey.
- Académie des sciences (1995). *Biodiversité et environnement*, Académie des sciences (France); Rapport, no 33, 88 p.
- Acreman M. et Bortoli L. (2000). "Définitions et fonctionnement des plaines inondables" In GEPIS (2000). *Vers une gestion durable des plaines d'inondation sahéliennes*, UICN, Gland, Cambridge.
- Adams, W. M. et al. (2004). *Biodiversity Conservation and the Eradication of Poverty*, Science 306, 1146.
- Agostinho A. A. et al (2005). *Conservation of the biodiversity of Brazil's Inland Waters*, conservation biology, p. 646-652, volume 19, N° 3, June 2005.

- Al-Kloub, B. et al. (1997). *The role of weights in multi-criteria decision aid, and the ranking of water projects in Jordan*, European Journal of Operational Research 99 (1997) 278-288.
- Al-Rashdan, D. et al. (1999). *Environmental impact assessment and ranking the environmental projects in Jordan*, European Journal of Operational Research 118 (1999) 30±45.
- Amis, M. A. et al. (2009). *Integrating freshwater and terrestrial priorities in conservation planning*, Biological Conservation 142 (2009) 2217-2226.
- Amoros, C. et G. E. Petts. (Sous la dir. de) (1993). *Hydrosystèmes fluviaux*. Collection d'écologie, n 24, Éditions Masson, Paris. 320p.
- Andersen, I. et al (2006). *Le bassin du fleuve Niger : vers une vision de développement durable*, Washington, DC: Banque mondiale, *Directions in development*.
- André, P. et al. (2010). *L'évaluation des impacts sur l'environnement : processus, acteurs et pratiques pour un développement durable*, 3^{ème} édition, Montréal: Presses internationales polytechniques. 398 p.
- André, P. et al. (2006). *Participation publique, principes internationaux pour une meilleure pratique*. Publication spéciale Série N°. 4, Fargo, États-Unis : International Association for Impact Assessment, 4 p.
- André P. et al. (2003). *L'évaluation des impacts sur l'environnement, Processus, acteurs et pratique pour un développement durable*, 2ème édition, Presses internationales polytechniques, Québec.
- André S. et Oberti P. (2002). «L'analyse multicritère de projets d'éducation à l'environnement : un outil de gouvernance participative en région corse», *Actes de la 7ème Conférence biennale de la Société Internationale pour l'Économie Écologique*, Université du Centre, Sousse, 6-9 mars.
- Andriamahefazafy, F. et al. (2012). "L'introduction de la notion de service environnemental et écosystémique à Madagascar ", *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement* [En ligne], Volume 12 numéro 3 | décembre 2012, mis en ligne le 15 décembre 2012, consulté le 17 janvier 2013. URL : <http://vertigo.revues.org/12875> ; DOI : 10.4000/vertigo.12875.
- AQÉI (2006). *L'évaluation environnementale stratégique: un outil performant et éprouvé à inclure dans la Stratégie de développement durable au Québec*.

- Arsenault, C. (2010). *Analyse des facteurs de mise en œuvre de l'agenda 21 local de Sorel-Tracy: un outil d'aide à la décision pour l'action*, Mémoire de Maître en sciences de l'environnement, Université du Québec à Montréal.
- Arnould, P. (2006). *Biodiversité : la confusion des chiffres et des territoires*, *Biodiversity: confusing numbers, confusing territories*, Ann. Géo., no 651, 2006, pages 528-549, © Armand Colin,
- Arnould P. (2005). "Biodiversité: quelle histoire? " in Marty, P. et coll. (2005). *Les biodiversités : objets, théories, pratiques*. Paris : CNRS éditions, pp 66-80.
- Auroi C. (1992). *La diversité biologique: la vie en péril*, Genève : Georg.
- Awaïss A. (2003). L'Initiative Bassin du Niger (IBN): développement durable et gestion intégrée d'un grand fleuve, *Afrique contemporaine*, été 2003.
- Axelsson, A. et al. (2012): *Policy SEA: lessons from development co-operation*, Impact Assessment and Project Appraisal, 30:2, 124-129.
- Bacalbasa D.N. (1971). *Rapport au gouvernement du Niger sur le développement et la rationalisation de la pêche sur le fleuve Niger*, FAO/UNDP/TA2913.
- Bagnoli, P. et al. (2008). *Politiques de la biodiversité : impacts socio-économiques, enjeux et stratégies d'action des pouvoirs publics*, Secrétaire général de l'OCDE, ISBN 978-92-64-03432-7.
- Bahuchet S. et Mckey D. (2005). "L'homme et la biodiversité tropicale" in Marty et coll. (2005). *Les biodiversités : objets, théories, pratiques*. Paris : CNRS éditions, pp 35-55.
- Balfors, B et al. (2005). *Impacts of region-wide urban development on biodiversity in SEA*. Journal of Environmental Assessment Policy and Management, 7(2), 229-246.
- Balmford et al., (2002), *Economic Reasons for Conserving Wild Nature*, Science 297, 950 (2002).
- Barbault R. et Chevassus-au-Louis B., (eds.), (2004). *Biodiversity and Global Change*, Ministère des Affaires Etrangères, adpf, 237 p.
- Barbault, R. (2000). *Écologie générale : structure et fonctionnement de la biosphère*, 5^e édition, Liège : DUNOD, 326 p.
- Barbault, R. (1997). *Biodiversité: introduction à la biologie de la conservation*, les Fondamentaux, Paris : Hachette, 159 p.

- Barnosky AD, et al. (2011). *Has the Earth's 6th mass extinction already arrived?* Nature, 471 : 51-57.
- Barreteau O. (1998). *Un Système Multi-Agent pour explorer la viabilité des systèmes irrigués: dynamiques des interactions et modes d'organisation*. Thèse de doctorat, École nationale du Génie Rural, des Eaux et des Forêts (ENGREF).
- Barry, C. (1971). *The Closing Circle: Nature, Man, and Technology*. New York: Knopf.
- Behzadian, M. et al., (2010). *PROMETHEE: A comprehensive literature review on methodologies and applications*, European Journal of Operational Research 200 (2010) 198–215.
- Beinat, E. (2001). *Introduction Multi-Criteria Analysis for Environmental Management*, J. Multi-Crit. Decis. Anal. 10: 51.
- Benayas et al. (2009). *Enhancement of Biodiversity and Ecosystem Services by Ecological Restoration: A Meta-Analysis*, Science Vol. 325: 1121-1124.
- Bergeron, R. (1992). *L'anti-développement: le prix du libéralisme*, Éditions L'Harmattan, 271p.
- Bethemont J. (2003). "Le Nil l'Égypte et les autres" In *VertigO – La revue en sciences de l'environnement* Vol 4 N° 3, décembre 2003 disponible sur <http://www.vertigo.uqam.ca>.
- Béguin, P. (1998). "Simulation et participation", Communication aux "journées de la pratique" Bordeaux, Mars 1998.
- Ben Mena, S. (2001). *Une solution informatisée à l'analyse de sensibilité d'Électre III*, Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 2001 5 (1), 31–35.
- Benayas, J. M. R. et al. (2009). *Restoration: A Meta-Analysis Enhancement of Biodiversity and Ecosystem Services by Ecological*, Science 325, 1121.
- Ben Mena S. (2000). *Introduction aux méthodes multicritères d'aide à la Décision*, Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 2000 4(2), 83–93.
- Billé, R. (2006). "Participation et gestion de la biodiversité : éléments de bilan et de réflexion" in Bouamrane, M. (éd.) (2006). *Biodiversité et acteurs : des itinéraires de concertation*, Réserves de biosphère - Notes techniques 1 – 2006, UNESCO, Paris.
- Blanche J. (1964). "Les poissons du bassin du Tchad et du bassin adjacent du Moyen Kébbi" Mém. ORSTOM, 4 :483 In Welcomme R. L. (1975). *L'Écologie des pêches dans les plaines inondables africaines*, document technique du CPCA N03, FAO, Rome 45 pp.

- Blondel J. (2005). "Biodiversité et sciences de la nature" pp 23-34 in Marty et al (2005). *Les biodiversités : objets, théories, pratiques*, CNRS Editions.
- Biro P. (2001). *Freshwater biodiversity: an outlook of objectives, achievements, research fields, and co-operation*, aquatic ecosystem health and management, pp. 251-261.
- Bonin, M. et Antona, M. (2012). "Généalogie scientifique et mise en politique des services écosystémiques et services environnementaux", *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement* [En ligne], Volume 12 numéro 3 | décembre 2012, mis en ligne le 15 décembre 2012, consulté le 06 janvier 2013. URL : <http://vertigo.revues.org/13147> ; DOI : 10.4000/vertigo.13147
- Boschmann N. (2008). *Irrigation N'Débougou III (2003 65 577) et Valorisation du potentiel agricole dans la zone de N'Débougou (2007 65 073). Analyse préalable de l'impact sur la pauvreté (APIP)*, Rapport de la Mission Coopération malienne-allemande 83 p. <http://www.oecd.org/dataoecd/31/23/41769044.pdf>.
- Bottero, M. et al (2011). *Enabling public participation in Strategic Environmental Assessment: an application of Multicriteria Analysis*, 18p.
- Bouamrane, M. (ed.). (2006). *Biodiversité et acteurs : des itinéraires de concertation Réserves de biosphère - Notes techniques 1 – 2006*, UNESCO, Paris.
- Boukassim S. (1985). *Contribution à l'étude de la pêche continentale au Niger : État actuel et perspectives d'avenir*. Thèse de doctorat d'État, Université de Dakar, Dakar.
- Bouguerra M.L. (2003). *Les batailles de l'eau pour un bien commun de l'humanité*, Charles Léopold Mayer, Collection pour un nouveau monde, Paris.
- Bragagnolo, C. et al., (2012): *Cumulative effects in SEA of spatial plans – evidence from Italy and England*, Impact Assessment and Project Appraisal, 30:2, 100-110.
- Brans, J.P. et Mareschal, B. (2002). *PROMETHEE-GAIA : une méthodologie d'aide à la décision en présence de critères multiples*, Éditions de l'Université de Bruxelles, Bruxelles, 187 p.
- Bravard J.P. et Gilvear D.J. (1993). "Structure hydro-géomorphologique des hydrosystèmes " in Amoros, C. et Petts, G. E. (Sous la dir. De) (1993). *Hydrosystèmes fluviaux*, Collection d'écologie, n 24, Éditions Masson, Paris, pp 83-103.
- Bravard J.P. et Petts G.E. (1993). "Interférences avec les interventions humaines" in Amoros, C. et Petts. G. E. (Sous la dir. De) (1993). *Hydrosystèmes fluviaux*. Collection d'écologie, n 24, Éditions Masson, Paris pp 233-253.

- Brondeau F. (2004). *Les désajustements environnementaux dans la région de l'Office du Niger: évaluation et perspectives*, Cyber géo : Revue européenne de géographie, N°263, 24/03/2004.
- Brooks, T. M. et al. (2006). *Global Biodiversity Conservation Priorities*, Science 313, 58.
- Brouwer J. et Mullie WC. (1994) : "Potentialités pour l'agriculture, l'élevage, la pêche, la collecte de produits naturels et la chasse dans les zones humides du Niger" In : *Atelier sur les zones humides du Niger*, La Tapoa 2 au 5 nov. 1994, 27-51 pp.
- Brown L. R. (2003). *Éco-économie : une autre croissance est possible, écologique et durable* (traduit de l'américain par Trierweiler D.), éditions du Seuil.
- Brown, A. L. and Théritel, R. (2000). *Effective methodologies Principles to guide the development of strategic environmental assessment methodology*: Impact Assessment and Project Appraisal, Vol.18, No 3: p.183-189, September 2000.
- Brundland, G.H et coll. (1988). *Notre avenir à tous ; commission mondiale sur l'environnement et le développement*, Edition du Fleuve, Montréal, 434 p.
- Buckley R. (2005). *Biodiversity: Nature's variety at risk. Saving the natural world: who cares about biodiversity?* Understanding Global Issues- no 131, England.
- ~~Bureau des politiques agricoles et de la sécurité alimentaire DCT/EPS (2000). *Problématique de trois systèmes irrigués en Afrique (Fleuve Niger, Fleuve Sénégal, Lac Alaotra) Bilan et évolutions institutionnelles*, Paris, Ministère des Affaires étrangères.~~
- Burton J. (2001). *La gestion intégrée des ressources en eaux par bassin*, manuel de formation, Institut de l'énergie et de l'environnement de la Francophonie, 139 p + annexes.
- Burton, J. et Egli, P. (2002). *Les grands fleuves d'Afrique de l'Ouest : diagnostic, tendances et enjeux*. ACIDI. 148 p + annexes.
- Burton J. et Boisvert L. (1991). *Séminaire en gestion des écosystèmes fluviaux*. ACCT, Canada.
- Butchart, S. M. S et al., (2010). *Global biodiversity: indicators of recent declines*. Science 328: 1164–1168.
- Byron, H et J et Treweek, J. (2005). *Strategic environmental assessment — great potential for biodiversity?* Journal of Environmental Assessment Policy and Management, 7(2), v–xii.

- Caillet, R. (2003). *Analyse multicritère: étude et comparaison des méthodes existantes en vue d'une application en analyse de cycle de vie*, Centre interuniversitaire de recherche en analyse des organisations (CIRANO), 52 p.
- Canter, L.W. (1996). *Environmental Impact Assessment*. 2nd edition, McGraw-Hill, Inc., Montreal, 660 p.
- Canter L. W. (1977). *Environnemental impact Assessment*. Mc Graw. Hill series in *Water resources and environmental engineering*, NY.
- CCME. 2009. *L'évaluation environnementale stratégique régionale au Canada : Principes et orientations*. Conseil canadien des ministres de l'environnement, Winnipeg (Man.).
- CDB (1992). *Convention sur la diversité biologique*, [www.unep.org/french/downloads/Conventions%20textes/Convention_Biodiversit%E9.pdf], (12 décembre 2008).
- CEDEAO-CSAO/OCDE (2007). Les dynamiques démographiques in *Atlas de l'intégration régionale de l'Afrique de l'ouest*, série population, disponible sur www.atlas-ouestafrique.org, consulté le 20 décembre 2008.
- CEDEAO et UEMOA (2006). *Stratégie Régionale de Promotion des Engrais en Afrique de l'Ouest*, sommet africain sur les engrais, Abuja, 77 p.
- CIGB (1998). *Statistiques pour la région Afrique/Moyen-Orient*, Registre mondial des barrages, Commission internationale des grands barrages, International Hydropower Association; FAO, Rome.
- CIGB/ICOLG (?). *Charte internationale sur les grands barrages* disponible sur <http://www.icold-cigb.net/chartefr.html>.
- Ciofolo I. et Saadou I. (1996). *Le lamantin Trichechus senegalensis link au Niger*. Document de projet 7 TCP/NIG/082/CEE/MF-P, Niamey.
- Cissé D.H. (1998). *Modes d'exploitation saisonnière des plaines d'inondation dans la vallée du fleuve Niger*. Mémoire de fin d'études Université Abdou Moumouni, Niamey.
- Clark B.D. and al (1980). *Environmental impact assessment: a bibliography with abstracts*, London.
- Clark R. (1994). In Association Québécoise pour l'évaluation d'impacts, ministère de l'Environnement et de la faune du Québec et Environnement Canada (1994). *Vingt-cinq ans d'évaluation d'impacts : Bilan et perspectives d'avenir*, synthèse du quatorzième

congrès annuel «international Association for Impact Assessment», tenu du 14 au 18 juin 1994 à Québec.

CNEDD (2012a). *Présentation du programme diversité biologique au Niger*, en ligne <http://www.cnedd.ne/presentationProgDB.htm>.

CNEDD (2012b). *État des lieux sur la prise en compte de la diversité biologique dans les politiques, stratégies, plans, programmes et rapports pertinents au Niger*, Projet GFL/2328-2716-4C37-2250, élaboration du 5^{ème} rapport national sur la diversité biologique, 100 p.

CNEDD (2009a). *Quatrième rapport national sur la diversité biologique au Niger*, Unité Biodiversité, 109 p ;

CNEDD (2009b). *Stratégie nationale et plan d'actions sur la diversité biologique*, 2ème édition, 114 p.

CNEDD (1998). *Stratégie nationale et plan d'action en matière de biodiversité*, CNEDD, Niamey.

CNEDD (2002a). *Rapport sur l'État de l'environnement au Niger*, première version, CNEDD, Niamey.

CNEDD (2002b). *Rapport sur l'évaluation nationale de l'agenda 21 dans le cadre du sommet mondial sur le développement durable*, Johannesburg du 26 août au 4 septembre 2002, , CNEDD, Niamey, 44p.

CNEDD (2001). *Deuxième rapport national sur la diversité biologique, commission nationale sur la diversité biologique*, CNEDD, Niamey, 86 p.

CNEDD (2000). *Programme d'action national de lutte contre la désertification et de Gestion de ressources naturelles (PAN-LCD/GRN)*, CNEDD, Niamey.

CMB (2000). *Barrages et développement, un nouveau cadre pour la prise de décisions*, Commission Mondiale des Barrages, disponible sur <http://www.dams.org>.

CNUED (1992). *Agenda 21 : déclaration de Rio*. Nations Unies. New York, États Unis. 275 p.

Coenen E. (1987) *Résultats des études ichtyo-biologiques sur le fleuve Niger*. Document technique FAO, Rome.

Coles, P. (2000). "Grands barrages : la fin d'une époque" in *le Courrier avril 2000*, UNESCO, Paris, disponible sur <http://www.unesco.org/courier>.

- Colliard C-A (1995). "La coopération juridique et les barrages internationaux" in Conac, F. (sous la dir. de) (1995). *Barrages internationaux et coopération*, Paris : Karthala, pp 15-27.
- Conac, F. (sous la dir. de) (1995). *Barrages internationaux et coopération*, Paris: Karthala, 377 p.
- Comité de révision de la procédure d'évaluation des impacts environnementaux (1998). *L'évaluation environnementale : une pratique à généraliser, une procédure d'examen à parfaire*, Gouvernement du Québec, Québec.
- Côté, G. et Waaub, J.P. (2012). *Mécanisme de participation publique dans les évaluations environnementales stratégiques*, rapport final présenté au Comité de l'évaluation environnementale stratégique sur les gaz de schiste, Québec, 91p.
- Côté, G. et Waaub, J-P. (2008). *Aide multicritère à la décision approches théoriques*, notes du cours Géo 8271, hiver 2008, Département de Géographie, UQAM, Montréal.
- Constanza et al. (1997). *The value of the world's ecosystem services and natural capital*, *Nature* 387, 253 - 260 (15 May 1997).
- Crousse, B. et al. (Sous la direction de) (1991). *La vallée du fleuve Sénégal : évaluations et perspectives d'une décennie d'aménagements*. Paris, Karthala. 384 p.
- Crowley, M. et Risse, N. (2011). *L'évaluation environnementale stratégique : un outil pour aider les administrations publiques à mettre en œuvre le développement durable*, *Télescope*, vol. 17, n° 2, p. 1-29.
- D'almeida, K. (2001). *Cadre Institutionnel, législatif et réglementaire de l'évaluation environnementale dans les pays francophones d'Afrique et de l'Océan Indien : Essai de typologie* ». 103 p. En ligne, <http://www.sifec.org/publications/typologie.pdf>.
- Dalal-Clayton, B. et Sadler, B. (2003). *The status and potential of strategic environmental assessment* (draft). London: International Institute for environment and development, 317 p.
- Damart, S. (2003). *Une étude de la contribution des outils d'aide à la décision aux démarches de concertation : le cas des décisions publiques de transport*, thèse de Doctorat en Sciences de gestion, Université Paris IX Dauphine, U.F.R Sciences des Organisations.
- Darwall, W. et al (2008). *Freshwater biodiversity – a hidden resource under threat*. The IUCN Red List of Threatened Species, IUCN, Gland, Switzerland, 14 pp.

- Darwal W. et al (2005). *The Status and Distribution of Freshwater Biodiversity in Eastern Africa* in Occasional Paper of the IUCN Species Survival Commission No. 31 IUCN – The World Conservation Union 2005.
- Daget J. (1962). *Rapport au Gouvernement de la république du Niger sur la situation et l'évaluation de la pêche au Niger*. FAO/UNDP/TA/525, Rome.
- De Sardan, O. J.P. (1969). *Systèmes des relations économiques et sociales chez les Wogo (Niger)*- Université de Paris, Institut d'Ethnologie, Musée de l'Homme.
- Dejoux, C. (1988). *La pollution des eaux continentales africaines. Expériences acquises, situation actuelles et perspectives*, Collection travaux et document de l'ORSTOM, N°214, Paris.
- Denguir-Rekik, A. (2007). *Un cadre possibiliste pour l'Aide à la décision multicritère et multi-acteurs : application au marketing et au Benchmarking de sites E-commerce*, thèse de doctorat de l'Université de Savoie, spécialité électronique, électrotechnique et automatique.
- Devèze, J-C. (2003). *Grands aménagements hydro-agricoles d'Afrique subsaharienne: poursuivre les évolutions institutionnelles* in *Afrique contemporaine* - Printemps 2003, pp 193-203.
- DEAT (2004). *Strategic Environmental Assessment, Integrated Environmental Management*, Information Series 10, Department of Environmental Affairs and Tourism (DEAT), Pretoria. 18 p.
- De Groot, R.S. et al. (2007). *Évaluation des zones humides : Orientations sur l'estimation des avantages issus des services écosystémiques des zones humides*, Rapport technique Ramsar N°3/Série des publications techniques de la CDB N°27. Secrétariat de la Convention de Ramsar, Gland, Suisse & Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique, Montréal, Canada. ISBN 2-940073-31-7.
- De Noray M.L (2003). "Delta intérieur du fleuve Niger au Mali quand la crue fait la loi- l'organisation humaine et le partage des ressources dans une zone inondable à fort contraste" In *VertigO - La revue en sciences de l'environnement* Vol 4 N° 3, décembre 2003 disponible sur <http://www.vertigo.uqam.ca>.
- Diemer, Geert et Laan, Ellen Ch. W. van der. (1987). *L'irrigation au Sahel : la crise des périmètres irrigués et la voie haalpulaar*, Wageningen: Centre technique de coopération agricole et rurale; Paris: Karthala, 226 p.
- Diop, S. Y. (1995). "Les barrages du fleuve Sénégal et de la Gambie" in Conac, F. (sous la dir. de) (1995). *Barrages internationaux et coopération*, Paris : Karthala, pp. 215-226.

- Diouf, P. S. et Quensière, J. (1999). "La pêche" in Groupe d'experts des plaines d'inondation sahéliennes (2000). *Vers une gestion durable des plaines d'inondation sahéliennes*. UICN, Gland, Suisse et Cambridge, Royaume-Uni. xii + 214pp.
- Dirzo, R. et Raven, P.H (2003). *Global state of biodiversity and loss*, Annu. Rev. Environ. Resour. 2003. 28:137–67, doi: 10.1146/annurev.energy.28.050302.105532
- Dooley, A. E. et al. (2009). *Application of Multiple Criteria Decision Analysis in the New Zealand Agricultural Industry*, J. Multi-Crit. Decis. Anal. 16: 39–53 (2009).
- Dudgeon, D. et al (2005). *Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges*, Cambridge Philosophical Society, United Kinddom, pp 163–182.
- Dubois, J. P. (2004). *Vers l'ultime extinction? La biodiversité en danger*,  ditions de la Martinière, Paris, France.
- Dudley, N. ( diteur) (2008). *Lignes directrices pour l'application des catégories de gestion aux aires protégées*. Gland, Suisse: UICN + 96 pp.
- Dulien, D. (1989). *Les bourgoutières du fleuve Niger*, étude thématique, EMVT, Dakar.
- Durand-Garnier, L. (Coord.) (2012). *La biodiversité à travers des exemples : services compris*, ouvrage collectif du Conseil Scientifique du Patrimoine Naturel et de la Biodiversité, République Française, 188 p.
- Duvail, S. et Hamerlunck (2006). "Crues artificielles et gestion intégrée des basses vallées des fleuves africains Les exemples du fleuve Sénégal (Afrique de l'Ouest) et du fleuve Rufiji (Afrique de l'Est) " in : *Chaussade, J. & Guillaume, J. (Coord.). Pêche et aquaculture, pour une exploitation durable des ressources vivantes de la mer et du littoral*, Presses Universitaires de Rennes, collection Espace et Territoires, pp. 471–485.
-  gr , D. (1995). "Les effets des projets de grand barrage sur le milieu humain", in *Recueil des textes synthèses à l'intention des auditeurs et auditrices de l'Université Senghor d'Alexandrie*, Services études environnementales groupe équipement HQ, Vice présidence HQ, Montréal.
- E7 Observer (2000). *L'hydroélectricité une énergie qui nous parle d'avenir*, N 24 BIS, Numéro Spécial, 2000.
- Environmental Assessment advisory Committee (EAAC) (1989). *The adequacy of the existing Environmental planning and approvals process for the Ganaraska Watershed*, Toronto, ON: Repord N  38 to the Minister of the Environment.
- FAO et al. (2003). *Les engrais et leurs applications : précis à l'usage des agents de vulgarisation agricole*. Quatrième  dition, Organisation des Nations Unies pour

l'Alimentation et l'Agriculture, Association Internationale de l'Industrie des Engrais et Institut Mondial du Phosphate.

FAO (1993). *Programme national de gestion des ressources naturelles*. Mission de préparation volume I et III, Niamey.

Fecteau, M. (1997). *Études d'impact environnemental : analyse comparative des méthodes de cotation*, rapport de recherche présenté comme exigence partielle de la maîtrise en sciences de l'environnement, université du Québec à Montréal, 119 p.

Loayza, F. (éd.) (2012). *Strategic Environmental Assessment in the World Bank: learning from recent experience and Challenges*, The World Bank SEA community of practice.

Ficatier, Y. et Niasse, M. (2008). *Volet social et environnemental du barrage de Manantali, Évaluation rétrospective*, Agence Française de Développement, Série Évaluation et capitalisation N° 15 aout 2008 disponible sur www.afd.fr.

Figueira, J. et al. (eds) (2005). *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*. Kluwer Academic, Dordrecht, the Netherlands.

Finnvedena, G. et al., (2003). *Strategic environmental assessment methodologies—applications within the energy sector*, Environmental Impact Assessment Review 23 (2003) 91–123.

Fisher, B. et al. (2009). *Defining and classifying ecosystem services for decision making*, *Ecological economics*, 68 (2009) 643–653

Fischer, T. B. (2003). *Strategic environmental assessment in post-modern times*, Environmental Impact Assessment Review 23 (2003) 155–170.

Fischer, T. B. (2002). *Strategic environmental assessment performance criteria: the same requirements for every assessment?* Journal of Environmental Assessment Policy and Management, vol. 4, N° 1, pp. 83-99.

Fischer, T. B. (1999). *Benefits arising from sea application—a comparative review of North West England, Noord-Holland, and Brandenburg-Berlin*, Environmental Impact Assessment Review 19 (1999) 143–173

Fritz, H. (2005). Réserves et aires protégées : les échelles d'intervention et les contraintes territoriales face à la dimension spatio-temporelle des processus écologiques in Marty et Coll (2005). *Les biodiversités : objets, théories, pratiques*. Paris: CNRS éditions, pp 143-156.

Froger, G. et al. (2012). "Regards croisés de l'économie sur les services écosystémiques et environnementaux" », *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement* [En ligne], Volume 12 numéro 3 | décembre 2012, mis en ligne le 15 décembre 2012, consulté le 14 janvier 2013. URL : <http://vertigo.revues.org/12900> ; DOI : 10.4000/vertigo.12900

- Froger, G. et Oberti, P. (2002). "L'aide multicritère à la décision participative : une démarche originale de gouvernance en matière de développement durable" in *Euro congrès «Développement local, développement régional, développement durable : quelles gouvernances?»*, Toulouse, 25-26 octobre 2002
- Fundingsland, T. M. et Hanusch, M. (2012): *Strategic environmental assessment: the state of the art*, Impact Assessment and Project Appraisal, 30:1, 15-24.
- Gagnon, C. (1994). *La recomposition des territoires: développement local viable : récits et pratiques d'acteurs sociaux dans une région québécoise*, L'harmattan, logiques sociales, 272 p.
- Gallner, J. C et Bruner, F. (2006). *Profil environnemental du Niger*, rapport final, 101 p.
- Gauthier et al (2011). *Public participation in strategic environmental assessment (SEA): Critical review and the Quebec (Canada) approach*, Environmental Impact Assessment Review 31 (2011) 48-60.
- Gauthier M. et al (1999). *Participation du public à l'évaluation environnementale stratégiques*, les cahiers de recherche de l'institut des sciences de l'environnement N° 2 Université du Québec à Montréal, Montréal.
- Gauthier M. et Turgeon B. (1993). "Les données secondaires" in *recherche sociale: de la problématique à la collecte de données* (2e éd.), Sous la direction de Benoit Gauthier (p. 141-174) Presses de l'université du Québec, Québec.
- Geldermann, J. et Schöbel, A. (2011). *On the Similarities of Some MultiCriteria Decision Analysis Methods*, Journal of multi-criteria decision analysis, 18: 219-230.
- Georges M. (2000). "De l'eau pour tous" in *Documentation photographique*, bimestriel N° 8014 avril 2000.
- Génot, J-C. et Barbault R., (2004). "Quelles politiques de conservation? ", in Barbault R. et Chevassus-au-Louis B., (eds.), *Biodiversité et changements globaux. Enjeux de société et défis pour la recherche*, édition ADPF, pp.162-176.
- Gibson, R. B., et coll. (2005). *Sustainability Assessment: Criteria and Processes*. London, UK: Earthscan.
- Goïta, M. (2005). "Jeux de pouvoirs entre les différents acteurs de la décentralisation en Afrique de l'Ouest" in Coll, J-L et Guibbert J-J (2005). *L'aménagement au défi de la décentralisation en Afrique de l'Ouest*, Toulouse : Presses universitaires du Mirail, 305 p : pp111-134
- Goedefroit, S. et Revéret J-P. (2007). *Quel développement à Madagascar ? Études rurales* [etudesrurales.revues.org].

- Gontier, M. et al. (2006). *Biodiversity in environmental assessment: current practice and tools for prediction* In *Environmental Impact Assessment Review* Volume 26, Issue 3, April 2006, pp 268-286.
- Goodland, R. et Mercier, J.M. (1999). *L'évolution de l'évaluation Environnementale à la Banque mondiale : de « l'Approbation » aux Résultats*, série gestion environnementale, PAPER N^o. 67, 56 p.
- Groupe d'experts des plaines d'inondation sahéniennes (2000). *Vers une gestion durable des plaines d'inondation sahéniennes*. UICN, Gland, Suisse et Cambridge, Royaume-Uni. xii + 214pp.
- Guimont P. (1995). "Les effets des projets de grand barrage sur le milieu naturel ", in *Recueil des textes synthèses à l'intention des auditeurs et auditrices*, Services études environnementales groupe équipement HQ Vice présidence HQ, Montréal, P.161-167.
- Guitouni, A. et al., (2010). *Cadre méthodologique pour différencier les méthodes multicritères*, R&D pour la Défense Canada – Valcartier Rapport technique DRDC Valcartier TR 2009-386, 106 p.
- Guitouni, A., Martel, J.-M. (1998). *Tentative Guideline to Help Choosing an Appropriate MCDA Method*. *European Journal Of Operational Research*, 109, 501-521.
- Hajkowicz, S. et Collins, K. (2007). *A Review of Multiple Criteria Analysis for Water Resource Planning and Management*, *Water Resource Management* (2007) 21:1553–1566.
- Hanski, I. (2005). *Landscape fragmentation, biodiversity loss and the societal response*, *European molecular biology organization*, (EMBO), reports Vol. 6, N^o 5, 2005, pp.388-392.
- Halouani, N. et al. (2009). *PROMETHEE-MD-2T method for project selection*, *European Journal of Operational Research* 195 (2009) 841–849.
- Harouna et al (2007). *Situation socioéconomique des femmes au Niger*, Institut National de la Statistique, Niamey, 65 p.
- Harriman J.A.E. et Noble, B, F. (2009). *Integrating cumulative effects in regional strategic environmental assessment frameworks: lessons from practice*, *Impact Assessment and Project Appraisal*, 27(4), pp.258–270.
- HCBK (1999). *Note technique de présentation du projet de barrage de Kandadji*, Haut-Commissariat au barrage de Kandadji, Niamey.
- HCBK (2001). *Étude de faisabilité du projet de barrage de Kandadji*, Rapports et plans de phase 1 et 2. Lahmeyer international et Dar al-handasah/egypt-limited, Dogarari ingénierie, Niamey.

- He, F. & Hubbell, S. P. (2011). *Species-area relationships always overestimates extinction rates from habitat loss*, Nature 473, 368–371.
- Hertig J-A. et al. (1999). *Études d'impact sur l'environnement*. Traité de génie civil de l'école polytechnique de Lausanne, Vol. 23.
- Hénin (2007). L'Aménagement dans *Encyclopoedia Universalis*, Paris, Encyclopoedia Universalis
- Hébert, J. (sans date). *Le projet de suivi socio-écologique de la zone du barrage hydroélectrique de Sélingué au Mali*. 22 p.
- Hildena, M. et al., (2004). *Views on planning and expectations of SEA: the case of transport planning*, Environmental Impact Assessment Review 24 (2004) 519–536.
- Hoffmann, M. et al. (2010). *The Impact of Conservation on the Status of the World's Vertebrates*, Science 330, 1503.
- Hoeinghaus, D. J. et al. (2009). *Effects of River Impoundment on Ecosystem Services of Large Tropical Rivers: Embodied Energy and Market Value of Artisanal Fisheries*, Conservation Biology, Volume 23, No. 5, 1222–1231.
- Hooper, D.U. et al. (2005). *Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge*, Ecological Monographs, 75(1), 2005, pp. 3–35_ 2005 by the Ecological Society of America.
- Hughes R.H et Hughes J.S. (1992). *Répertoire des zones humides d'Afrique*. UICN, Gland, Cambridge, PNUE, Nairobi.
- Hyde, K. et al (2003). *Incorporating Uncertainty in the PROMETHEE MCDA Method*, J. Multi-Crit. Decis. Anal. 12: 245–259.
- Hydro-Québec (1990). *Méthode d'évaluation environnementale lignes et postes*, Vice-présidence Environnement, Montréal, 321 p.
- IAIA (2005). *La biodiversité dans l'évaluation des impacts*. IAIA, publication spéciale N° 3.
- IAIA (2004). *Capacity Building in Biodiversity and Impact Assessment (CBBIA)*, IAIA Programme Inception Report, ND, USA, 25 p.
- Ichaou et al (2007). *État des lieux sur les activités de pêche et les ressources halieutiques du fleuve dans la Réserve de la biosphère du W du Niger*, Projet UNESCO/MAB-PNUE/GE, 44 p.
- IIED (2005). *Analyse du pouvoir des parties prenantes*, 28 p.
- Igué, O. J. (2006). *L'Afrique de l'Ouest entre espace, pouvoir et société : une géographie de l'incertitude*, Paris: Éditions Karthala, 555 p.

- Jacquet-Lagreze, E. (1981). *Systèmes de décision et acteurs multiples. Contribution à une théorie de l'action pour les sciences des organisations*, Thèse d'État, Université Paris-Dauphine.
- Jiliberto, R. (2011): *Recognizing the institutional dimension of strategic environmental assessment*, Impact Assessment and Project Appraisal, 29:2, 133-140
- Fjeldsa, J. et Burgess, N. D. (2008). The coincidence of biodiversity patterns and human settlement in Africa, *Afr. J. Ecol.*, 46 (Suppl. 1), 33-42.
- João, E. et McLauchlan, A. (2011). *Strategic environmental assessment as a tool to contribute to high-level policy objectives*, Journal of Environmental Assessment Policy and Management, Vol. 13, No. 1 (March 2011) pp. 1-7.
- Keita et al. (2001). "Gestion du système hydraulique de l'Office du Niger: évolutions récentes et perspectives" in P. Garin, P.Y. Le Gal, Th. Ruf (éditeurs scientifiques) (2002). *La gestion des périmètres irrigués collectifs à l'aube du XXI^e siècle, enjeux, problèmes, démarches*. Actes de l'atelier, 22-23 janvier 2001, Montpellier, France. PCSI, CEMAGREF, CIRAD, IRD, Colloques, 280 p. 65-81.
- Kimba, H. (2001). *Évaluation environnementale du Programme d'Action Communautaire (PAC)*, version provisoire Niamey.
- Kirchhoff, D et al., (2011): *Strategic environmental assessment and regional infrastructure planning: the case of York Region, Ontario, Canada*, Impact Assessment and Project Appraisal, 29:1, 11-26.
- Kourouma, D. L. (2005). *Approche méthodologique d'évaluation environnementale stratégique du secteur de l'énergie : Application à la dimension régionale de la politique énergétique guinéenne en Guinée Maritime*. Thèse présentée pour l'obtention du doctorat en sciences de l'environnement. Université du Québec à Montréal.
- Lae, R. (1992). *Impact des barrages sur les pêcheries artisanales du delta central du Niger*, Cahiers Agricultures 199; 1, pp. 253-263.
- Lajoie, M. (1999). *L'approche écosystémique et la gestion par bassin versant, Consultation publique sur la gestion de l'eau au Québec*, Document de soutien à l'atelier de travail de la Commission du 4 juin 1999 à Québec, Bureau d'audiences publiques sur l'environnement.
- Larras, J. (1965). *L'aménagement des cours d'eau*. Paris, Que sais-je?, Presses universitaires de France, 126 p.
- Lazard J. et al. (1986). "Le développement de l'aquaculture au Niger" : un exemple d'élevage de Tilapia en zone sahélienne; *Revue bois et forêts des tropiques*, N°212, 2^{ème} trimestre 1986. 71-94.

- Le Coq, J-F et al. (2012). "La mise en politique des services environnementaux : la genèse du Programme de paiements pour services environnementaux au Costa Rica", *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement* [En ligne], Volume 12 numéro 3 | décembre 2012, mis en ligne le 15 décembre 2012, consulté le 06 janvier 2013. URL : <http://vertigo.revues.org/12920> ; DOI : 10.4000/vertigo.12920.
- Le Têno J.F. , Mareschal, B. (1998). *An interval version of PROMETHEE for the comparison of building products' design with ill-defined data on environmental quality*, European Journal of Operational Research 109 (1998) 522±529.
- Leadley, P. et al. (2010). *Scénarios de biodiversité : Projections des changements de la biodiversité et des services écosystémiques pour le 21e siècle*. Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique, Montréal. Cahier technique n°50, 55 pages.
- Leduc G. et Raymond M. (2000). *L'évaluation des impacts environnementaux, un outil d'aide à la décision*, éditions Multimondes, Sainte-Foy, Québec.
- Lee, S. D. (2005). *Strategic environment assessment and biological diversity conservation in the Korean high-speed railway project*, Journal of Environmental Assessment Policy and Management, Vol. 7, No. 2 (June 2005) pp. 287–298.
- Lee, N. et Walsh, F. (1992). *Strategic environmental assessment: an overview*, Project Appraisal 7, 3 (1992): 126–36.
- Lepart, J. (2005). Diversité et fonctionnement des écosystèmes et des paysages in Marty, P. et coll. (2005). *Les biodiversités : objets, théories, pratiques*. Paris : CNRS éditions, pp. 83-96.
- Lerond, M. et al. (2003). *L'évaluation environnementale des politiques, plans et programmes : objectifs, méthodologies et cas pratiques*. Lavoisier. Paris. 311 p.
- Levrel H. (2006). *Biodiversité et développement durable: quels indicateurs?* Thèse de doctorat l'EHESS, Spécialité: Économie Écologique, École des Hautes Études en Sciences Sociales, Museum National d'Histoire Naturelle, Paris.
- Lévêque, C. (1997). *La biodiversité : le point des connaissances actuelles*. Que sais-je? Presses Universitaires de France, Paris. 128 p.
- Lévêque, C (1996). *Écosystèmes aquatiques*, Les Fondamentaux, Paris : Hachette, 159 p.
- Lieutaud A. (2006). *Biodiversité : vers la création d'un groupe international d'experts ?* La lettre du service de la recherche et de la prospective de la D4E, N° 06, Paris.
- Limoges, C., et al. (1993). *L'état et les préoccupations des citoyens relatives aux incidences du changement technologique*. Québec: Conseil de la science et de la technologie, 183 p.

- Loreau M, et al. (2004). Ecosystem Evolution and Conservation. In: *Evolutionary Conservation Biology* (eds). Ferrière R, Dieckmann U & Couvet D, pp. 327–343. Cambridge University Press. International Institute for Applied Systems Analysis.
- Loreau M (1995). *Consumers as maximizers of matter and energy flow in ecosystems*. *The American Naturalist* 145: 22–42.
- Luck, G.W. (2007). *A review of the relationships between human population density and biodiversity*, *Biol. Rev.* (2007), 82, pp. 607–645. 607, doi:10.1111/j.1469-185X.2007.00028.x.
- Madrid, G. M. H. et Bouchard M. A. (2011). *Strategic environmental assessment effectiveness and the initiative for the integration of regional infrastructure in south america (IIRSA): a multiple case review*, *Journal of Environmental Assessment Policy and Management*, Vol. 13, No. 4 (December 2011) pp. 515–540.
- Maïga, M. (1995). *Le fleuve Sénégal et l'intégration de l'Afrique de l'Ouest en 2011*. Paris, Karthala, 244 p. + annexes.
- Malvestuto S. et Mereedith (1986): "Rapport final: Résultats de l'évolution de la pêche du Fleuve au Niger : enquête d'évaluation des captures (EEC) " In : *Sécheresse* N° 3, vol.4, sept. 1993.
- Markandya, A. et al. (2008). "The Economics Of Ecosystems And Biodiversity – Phase 1 (Scoping) Economic Analysis And Synthesis", Final report for the European Commission, Venice, Italy, 142 pp.
- Martin, N. J. al. (1999). *An integrated decision aid system for the development of Saint Charles River alluvial plain*, Québec, Canada. *Int. J. Environment and Pollution*, Vol. 12, N° 2 et 3. Inderscience Entreprises Ltd.
- Martel, J.-M. et Rousseau, A. (1993). *Cadre de référence d'une démarche multicritère de gestion intégrée des ressources en milieu forestier*. Québec, Sous-comité socioéconomique de la gestion intégrée des ressources. 49 p.
- Marta Bottero et al (2011). *Enabling public participation in Strategic Environmental Assessment: an application of Multicriteria Analysis*, 18p.
- Marty, P. et coll. (2005). *Les biodiversités : objets, théories, pratiques*. Paris : CNRS éditions, 261 p.
- Maystre, L.-Y., et al. (1994). *Méthode multicritère ELECTRE*. Lausanne, Suisse, Presse Polytechnique et Universitaires Romandes. 323 p.
- Maystre, L. Y. et Bollinger, D. (1999). *Aide à la négociation multicritère*, Presse Polytechniques et Universitaires Romandes, Collection gérer l'environnement, Lausanne.

- Masundire, H. (2003). *Une grande aventure : l'approche par écosystème*, Bulletin N° 1 2003 Planète Conservation, (anciennement Bulletin de l'UICN) Une publication de l'UICN, Gland, Suisse, pp 6-7.
- McCarthy, D. et al., (2010). *Examen de l'évaluation environnementale stratégique dans le contexte d'une municipalité marquée par une urbanisation rapide : Étude de cas de la municipalité régionale de York en Ontario, Canada*, Rapport de synthèse pour l'Agence canadienne d'évaluation environnementale.
- McNeely, J. A. (2003). *Alimentation, eau et biodiversité*, Bulletin N° 1, 2003, Planète Conservation, (anciennement Bulletin de l'UICN) Une publication de l'UICN, Gland, Suisse, p. 10.
- Michel, P. (2001). *L'étude d'impact sur l'environnement : objectifs, cadre réglementaire et objectifs de l'évaluation*, BCEOM et Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement, Paris.
- Michon, G (2003). *Sciences sociales et biodiversité : des problématiques nouvelles pour un contexte nouveau*, Natures Sciences Sociétés 11 (2003) 421–431, Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS. [<http://www.elsevier.com/locate/natsci>].
- Milian, J. et Rodary, E. (2010). *Biodiversité : enjeux Nord-Sud, la conservation de la biodiversité par les outils de priorisation. Entre souci d'efficacité écologique et marchandisation*, N° 202 • avril-juin 2010 • Revue Tiers Monde.
- Mindell, D. P. (2009). *Humans Need Biodiversity*, 20 MARCH 2009 Vol. 323 SCIENCE.
- Ministère du développement agricole (MDA) (2008). *Les aménagements hydro agricoles au Niger*, Direction Générale du Génie Rural, Direction de l'Aménagement des Terres, de la Mobilisation des Eaux et de l'Irrigation.
- MEA (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis*. World Resources Institute, Washington, DC.
- Montignac et al. (2009). *L'évaluation Multicritère comme Aide à L'orientation de la recherche : application aux technologies de stockage embarqué de L'hydrogène*, Cahier du LAMSADE 288, décembre 2009, 22 p.
- Morgan, D. L. (1988). *Focus groups as qualitative research, qualitative research methods series 16*, a SAGE University paper, 85 p.
- Mörtberg, U M et al (2007). *Landscape ecological assessment: a tool for integrating biodiversity issues in strategic environmental assessment and planning*. Journal of Environmental Management, 82 (4), 457–470.
- Mutin, G. (2000). "De l'eau pour tous", in *Documentation photographique*, bimestriel N° 8014 avril 2000, Documentation Française (La), 63 p.

- N'Dah E. (2002). *Développement d'indicateurs dans le cadre du projet : Développement d'un cadre institutionnel et d'un réseau de données pour une évaluation intégrée et les rapports sur l'état de l'environnement en Afrique de l'Ouest (Projet Afrique de l'Ouest)*. PNUE et REDDA/NESDA.
- Nafi, A. et Werey, C. (2009). *Aide à la décision multicritère: introduction aux méthodes d'analyse multicritère de type ELECTRE*, ENGEES 2009-2010, Module «Ingénierie financière».
- Nel, J. L. et al (2009). *Progress and challenges in freshwater conservation planning*, Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst. 19: 474–485.
- New, T. Xie, Z. (2008). *Impacts of large dams on riparian vegetation: applying global experience to the case of China's Three Gorges Dam*, Biodivers Conserv (2008) 17:3149–3163.
- Niasse, M. et L. Bossard. (2006). *Les Bassins fluviaux transfrontaliers. Atlas de l'intégration régionale en Afrique de l'Ouest*. Série espace. CEDEAO-CSAO/OCDE©2006. Août 2006. 20 p.
- Niasse M. et Lamizana B. (2002). "Prise en compte de l'environnement et du social dans les politiques de l'eau en Afrique de l'Ouest. Fondements juridiques et leçons de l'expérience " in *Atelier sur la gouvernance de l'eau, aspects juridiques et institutionnels de la gestion des ressources en eau en Afrique de l'Ouest*, UICN-BRAO, Ouagadougou du 25 au 27 septembre 2002.
- Nikiema, D. et Fall, O. (1994). *Gestion des ressources naturelles cas des écosystèmes fluviaux et lacustres au Niger*. Mémoire de travaux bibliographiques-CRESA, Université Abdou Moumouni De Niamey, Niamey.
- Nilsson, M. et Dalkmann, H. (2001). *Decision making and strategic environmental assessment*, Journal of Environmental Assessment Policy and Management, Vol. 3, N°. 3 (September 2001) pp. 305–327.
- Niyaz, A. et Storey, D. (2011). *Environmental management in the absence of participation: a case study of the Maldives*, Impact Assessment and Project Appraisal, 29:1, 69-77.
- Noble B. F. (2002). *The Canadian experience with SEA and sustainability*, Environmental Impact Assessment Review, 22 (2002) 3 –16.
- Noble, B. F. (2004). *Integrating Strategic Environmental Assessment with Industry Planning: A Case Study of the Pasquai-Porcupine Forest Management Plan, Saskatchewan, Canada*, Environmental Management Vol. 33, No. 3, pp. 401–411.
- Noble, B. F et al., (2012). *Survey of current methods and guidance for strategic environmental assessment*, Impact Assessment and Project Appraisal, 30:3, 139-147.

- Noble, B.F. et Harriman, J. A.E. (2008). *Strengthening the Foundation for Regional Strategic Environmental Assessment in Canada*, Prepared for the Canadian Council of Ministers of Environment Environmental Assessment Task Group under contract no. K4320-07-0072.
- Noirard, C. (2008). *Stratégie de Conservation de l'Hippopotame (Hippopotamus amphibius) au Niger*, Thèse présentée pour l'obtention du diplôme de doctorat de l'Université Claude Bernard-Lyon 1, N° d'ordre 6-2008.
- NOUPA, P. (2008). "L'approche écosystémique: expérience dans le Programme de l'UICN", *Atelier sur les stratégies et plans d'actions nationaux sur la biodiversité*, Limbe, Cameroun, 22 au 25 septembre 2008
- NU (1992). *Principe 10 de la déclaration de rio sur l'environnement et le développement*, A/CONF.151/26 (Vol. I) disponible sur <http://www.un.org/french/events/rio92/aconf15126vol1f.htm>.
- NU (1987). *Assemblée générale, 42ème session. Rapport de la Commission mondiale pour l'environnement et le développement* (Rapport Brundtland: "Notre avenir à tous") disponible sur <http://undocs.org/A/42/427>
- OCDE (2008). *Perspectives de l'environnement de l'OCDE à l'horizon 203*, © OCDE 2008, ISBN 978-92-64-04049-6.
- OCDE (2006). *L'évaluation environnementale stratégique, guide de bonnes pratiques dans le domaine de la coopération pour le développement*, Lignes directrices et ouvrages de référence du CAD, éditions OCDE.
- OCDE (2002). *Manuel d'évaluation de la biodiversité : guide à l'intention des décideurs*. OCDE, Paris, 173 p.
- OCDE (2000). *L'évaluation environnementale stratégique*, Conférence Européenne des Ministres des transports, 99, p.
- OCDE (1999). *Manuel de protection de la biodiversité conception et mise en œuvre des mesures incitatives*. OCDE, Paris.
- OMVG. (2007). *Études d'avant-projets détaillés et d'élaboration des dossiers d'appel d'offres des aménagements hydroélectriques de Sambangalou et Kaléta et de la ligne d'interconnexion des pays membres de l'OMVG, Plan de gestion environnementale et sociale* Version finale, Août 2006, Groupement COTECO-COYNE ET BELLIER – TECSULT – COBA.
- OMVG. (2006). *Études d'avant-projets détaillés et d'élaboration des dossiers d'appel d'offres des aménagements hydroélectriques de Sambangalou et Kaléta et de la ligne d'interconnexion des pays membres de l'OMVG, Études d'impact environnemental et social (EIES)* Version finale, Août 2006, Groupement COTECO-COYNE et BELLIER

- TECSULT – COBA, Rapport 14345 EIESF02, (chapitre 1-4 : 142 p. chapitre 5 : 310 p. chapitre 6 : 377 p) + annexes.
- Oumarou, A. et Rouscoua B (2001). *Bilan et analyse des aspects hydro-environnementaux, écologiques et socio-économiques du bassin du fleuve Niger au Niger, Projet FEM : «renversement de la Tendance à la Dégradation des Terres et des Eaux dans le Bassin du Fleuve Niger »*, Niamey, Niger.
- Pacaut, P. (2000). *Description et analyse des méthodes les plus fréquemment utilisées en évaluation environnementale stratégique*. Rapport de recherche, Université du Québec à Montréal, Montréal.
- Parent L. (2002). *Évaluation environnementale*, Télé-université Québec, Québec.
- Partenariat mondial de l'eau – Comité technique consultatif (2000). *La gestion intégrée des ressources en eau*. Document technique N° 4, [En ligne]. <http://www.gwpforum.org/gwp/library/TAC4fr.pdf> (10 février 2009).
- Partidário, M. D. R. (2007). *Strategic Environmental Assessment Good Practices Guide Methodological Guidance*, Agência portuguesa Do ambiente Portuguese Environment Agency Amadora.
- Petts G.E. et Amoros C. (1993). "Le concept d'hydrosystème appliqué à la gestion écologique des fleuves" in Amoros, C. et G. E. Petts. (Sous la dir. De) (1993). *Hydrosystèmes fluviaux*. Collection d'écologie, n 24, Éditions Masson, Paris pp257-274.
- PNUE (1996). *Environmental impact Assessment : Issues, trends and practice*, Version préliminaire Programme de Nations Unies pour l'Environnement, Nairobi
- Ponsy P. (1998). "Enjeux et perspectives de l'irrigation en Afrique de l'Ouest et à Madagascar (Alaoatra) " in Bureau des politiques agricoles et de la sécurité alimentaire DCT/EPS (2000). *Problématique de trois systèmes irrigués en Afrique (Fleuve Niger, Fleuve Sénégal, Lac Alaoatra) Bilan et évolutions institutionnelles*, Paris, Ministère des Affaires étrangères.
- Prades, J. S. et al. (1998). *Stratégies de gestion des gaz à effet de serre. Le cas des transports urbains*. Presses de l'Université du Québec, 277 p.
- Prescott et al. (2000). *Guide de planification stratégique de la biodiversité dans une perspective de développement durable*, IEPF, Ministère de l'Environnement du Québec, PNUD, PNUE.
- Prévil, C. et al. (2004). Aide au processus décisionnel pour la gestion par bassin versant au Québec : Étude de cas et principaux enjeux, *Cahiers de Géographie du Québec*, 48(134), 209-234.
- Price T.L. (1986). *Projet de développement des pêches/Fleuve Niger au Niger*. Rapport final. Résultats des études socio-économiques. GCP/NER/027/USA, MHE/DFPP, PNUD, FAO. 87pp.

- Rahbek, C. And Colwell R.K. (2011) *Species loss revisited*. Nature, Vol. 473, 288-289.
- Ramade, F (1989). *Éléments d'écologie, écologie appliquée*, McGraw-Hill, Paris.
- Ramade, F. (1999). *Le grand massacre : l'avenir des espèces vivantes*. Paris : Hachette, 287 p.
- Rands, M. R.W. et al. (2010). *Biodiversity Conservation: Challenges Beyond 2010*, Science 329, 1298 (2010);
- Raven (1994) in *Stratégie mondiale de la biodiversité : propositions pour la sauvegarde, l'étude, et l'utilisation durable et équitable des ressources biotiques de la planète*, Gland, Suisse.
- Reizer, C. (1974). *Réflexions sur l'aquiculture en plaine d'inondation fluviale*, Fondation Universitaire Luxembourgeoise, 21p.
- République du Burkina Faso (2001). *Impact des engrais et des pesticides sur les ressources en eau au Burkina Faso*.
- République du Niger (2011). *Plan de Lutte Antiparasitaire et de Gestion des Pesticides du Programme «Kandadji»*, Projet de développement des ressources en eau et de gestion durable des écosystèmes dans le bassin du Niger, 97p.
- République du Niger (2010). *Annuaire statistique des cinquante ans du Niger*, édition spéciale de l'institut de la statistique du Niger, Niamey, 338 p.
- République du Niger (2007a). *Rapport de synthèse sur l'évaluation finale des aménagements hydro agricoles*, 60 p.
- République du Niger (2007b). *Plan d'Actions pour l'amélioration des performances des aménagements hydro agricoles encadrés par l'ONAHA*.
- République du Niger (2006). *Stratégie de Développement de la filière halieutique*, Programme pour des Moyens d'Existence Durables dans la Pêche, Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, Département pour le Développement International du Royaume Uni (DFID). 46 p.
- République du Niger (2005a). *Consultation sectorielle sur l'environnement et la lutte contre la désertification : document 1 contexte général cadre stratégique et opérationnel*, 58 p.
- République du Niger (2005b). *Programme de lutte contre l'insécurité alimentaire par le développement de l'irrigation*, 28 p.
- République du Niger (2005c). *Stratégie Nationale de développement de l'irrigation et de collecte des eaux de ruissellement* (SNDI/CER), Ministère du développement agricole, Niamey, 82p.
- République du Niger (2003). *Stratégie de développement rural: le secteur rural moteur de la croissance*, Niamey, 66p.

- République du Niger (2002). *Stratégie de réduction de la pauvreté*. SRP complète préparée par le Gouvernement du Niger, Niamey.
- République du Niger (2000). *Exploitations et état des ressources naturelles au Niger*, DRAFT VER. 0.5, CNEDD, Niamey.
- République du Niger MHE/DRE (1992). Schéma directeur de mise en valeur et de gestion des ressources en eau, MHE, Niamey.
- République du Niger MHE/DFPP (1993). *Lutte contre la Jacinthe d'eau*. Document de projet, DFPP, Niamey.
- République du Niger/MH/E/LCD/BEEEI (2002). *Recueil des textes législatifs et réglementaires sur l'évaluation environnement et les études d'impact*. Centre africain en techniques de communication, CATEC, Niamey.
- République du Niger (2006). *Stratégie nationale d'accès aux services énergétiques modernes des populations nigériennes* (SNASEM), Ministère des mines et de l'énergie, rapport final, 59 p.
- Republic of the Gambia (1998). *The Gambia national biodiversity strategy and action plan* (GBSAP), draft.
- Republic of the Gambia (sans date). *The Gambia third report on biodiversity*.
- République de Guinée (2006). *Troisième rapport national sur la mise en œuvre de la convention sur la diversité biologique*.
- République de Guinée (2002). *Stratégie nationale et plans d'action sur la diversité biologique, volume 1: stratégie nationale de conservation de la diversité biologique et d'utilisation durable de ses ressources*.
- République de Guinée (2002). *Stratégie nationale et plans d'action sur la diversité biologique, volume 2: plan d'actions pour la conservation de la diversité biologique et l'utilisation durable de ses ressources*.
- République du Mali (2005). *Troisième rapport du mali sur la mise en œuvre de la convention sur la diversité biologique*.
- République du Mali (2001). *Stratégie nationale en matière diversité biologique, tome I situation générale de la diversité biologique*.
- République du Mali (2000). *Stratégie nationale en matière diversité biologique, tome II stratégie et plan d'action en matière de diversité biologique au mali*.
- République du Niger (1998). *Stratégie Nationale et Plan d'Actions sur la Diversité Biologique*, Conseil National de l'Environnement pour un Développement Durable (CNEDD), Niger.

- République du Sénégal (sans date). *Stratégie Nationale et Plan d'Actions sur la Diversité Biologique*.
- République du Sénégal (sans date). *Troisième rapport du mali sur la mise en œuvre de la convention sur la diversité biologique*.
- Réseau d'Expertise E7 pour l'Environnement Global (2003). *Évaluation des impacts environnementaux, Vue d'ensemble présentée par les sociétés d'électricité*, Réseau d'Expertise E7 pour l'Environnement Global, Institut de l'énergie et de l'environnement de la Francophonie, Québec.
- Réveret, P. (1984). *L'analyse coûts/avantages: un outil contesté dans le domaine de l'environnement*, BAPE, Québec.
- Risse, N. (2004). *Évaluation environnementale stratégique et processus de décision publics : contributions méthodologiques*. Thèse de doctorat. Bruxelles, Université libre de Bruxelles. 324 p. et annexes.
- Rousseau, A. et Martel, J.M. (1996). *La décision participative : une démarche pour gérer efficacement les conflits environnementaux*. Université Laval, 34 p.
- Roy, B. (1985). *Méthodologie multicritère d'aide à la décision*. Paris, Economica.
- Roy, B. et D. Bouyssou. (1993). *Aide multicritère à la décision : méthode et cas*. Paris. Economica. 695 p.
- Roy, B. (2000). "L'aide à la décision aujourd'hui: que devrait-on en attendre?" in David, A. et al. (éd.) (2000) *Les Nouvelles Fondations des Sciences de Gestion*, éd. Vuibert.
- Roy, B. et Vanderpooten, D. (1997). *An overview on "The European school of MCDA: Emergence, basic features and current works"*, European Journal of Operational Research 99 (1997) 26-27.
- Runhaar H. et Driessen, P. P.J. (2007). *What makes strategic environmental assessment successful environmental assessment? The role of context in the contribution of SEA to decision-making*, Impact Assessment and Project Appraisal, 25(1), March 2007, pages 2-14.
- Saadou M., (1998). *Évaluation de la biodiversité biologique au Niger : éléments constitutifs de la biodiversité végétale*. Conseil National de l'Environnement pour un Développement Durable SE/CNEDD. Projet NER/ 97 / G'31 / A / 1 G / 99 "Stratégie Nationale et plan d'action – Diversité Biologique", 138 p.
- Saadou E. M. (1994). "La dégradation des écosystèmes du fleuve Niger et perte du potentiel de production" In *Atelier sur les zones humides*, Tapoa du 2 au 5 Nov. 1994 1-7 p.
- Sadar et al. (1994). *Évaluation des impacts environnementaux 2^{ème} édition* Impact Assessment Carleton University ISBN 088629-300-6.

- Sadler, B. et Karl Fuller, K. (1999). *Évaluation environnementale stratégique des plans et programmes*, Compte rendu du Forum politique intergouvernemental Glasgow, 15 juin 1999, 57 p.
- Sadler, B. (1996). *L'évaluation environnementale dans un monde en évolution: évaluer la pratique pour améliorer le rendement*. Étude internationale sur l'efficacité de l'évaluation environnementale. Rapport final. Hull: Agence canadienne d'évaluation environnementale et International Association for Impact Assessment, 300 p.
- Sadler, B. et Verheem, R. (1996). *Strategic Environmental Assessment 53: Status, Challenges and Future Directions*, Report N° 53. The Netherlands: Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment, 188 p.
- Sala, O. E. (2003). *(Almost) All about Biodiversity*, Science Vol. 299 7, March 2003.
- Sala, O. E. et al. (2000). *Global Biodiversity Scenarios for the Year 2100*, Science 287, 1770.
- Salles, J-M. (2010). *Évaluer la biodiversité et les services écosystémiques: pourquoi, comment et avec quels résultats ?* Natures Sciences Sociétés 18, 414-423.
- Sally, H. (1999). "Agriculture irriguée et agriculture de décrue" in Groupe d'experts des plaines d'inondation sahéliennes (2000). *Vers une gestion durable des plaines d'inondation sahéliennes*. UICN, Gland, Suisse et Cambridge, Royaume-Uni. xii + 214 pp.
- Samoura, K. (2011). *Contributions Méthodologiques à l'évaluation environnementale stratégique de l'exploitation du potentiel hydroélectrique des Bassins Côtiers en milieu tropical : cas du Konkouré, En Guinée*, Thèse présentée pour l'obtention du doctorat en sciences de l'environnement. Université du Québec à Montréal, 309 p.
- Saucier, C. et al. (2009). *Développement territorial et filière éolienne, des installations éoliennes socialement acceptables : élaboration d'un modèle d'évaluation de projets dans une perspective de développement territorial durable*, Rapport final, Unité de recherche sur le développement territorial durable et la filière éolienne, UQAR, 227 p.
- Savoie, H. (2003) "Impacts du barrage des trois gorges sur le développement durable de la Chine" *VertigO - La revue en sciences de l'environnement* Vol 4 N° 3, décembre 2003 disponible sur <http://www.vertigo.uqam.ca>.
- Scharlig, A. (1996). *Pratiquer Électre et PROMETHEE un complément à décider sur plusieurs critères*. Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes, 173 p.
- Scharlig, A. (1985). *Décider sur plusieurs critères : panorama de l'aide à la décision multicritère*. Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes, 302 p.
- Schweizerische Gesellschaft für Umweltschutz (Société Suisse pour la protection de l'environnement (SPE) (1990). *L'eau aujourd'hui, planète bleue, planète grise*, Société suisse pour la protection de l'environnement (SPE), collection «Dossiers de l'environnement» Vol. IV, 135 p.

- Seck, S. M. (1991). "La dynamique de l'irrigation dans la vallée du fleuve" in Crousse, B. & al. (Sous la direction de) (1991). *La vallée du fleuve Sénégal : évaluations et perspectives d'une décennie d'aménagements*. Paris, Karthala, pp 17-43.
- Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique (2010). 3^{ème} édition des *Perspectives mondiales de la diversité biologique*. Montréal, 94 pages.
- Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique (2009). *Biodiversité, développement et réduction de la pauvreté : reconnaître le rôle de la biodiversité pour le bien-être humain*. Montréal, 52 p.
- Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique et Commission néerlandaise d'évaluation environnementale (2006). *La diversité biologique dans l'évaluation de l'impact, document de base de la décision VIII/28 de la CDB : Lignes directrices volontaires sur l'évaluation de l'impact tenant compte de la diversité biologique*, Montréal, Canada, 89 p.
- Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique (2004a). *Lignes directrices facultatives Akwé: Kon pour la conduite d'études sur les impacts culturels, environnementaux et sociaux des projets d'aménagement ou des aménagements susceptibles d'avoir un impact sur des sites sacrés et sur des terres ou des eaux occupées ou utilisées traditionnellement par des communautés autochtones et locales*. Montréal, 25p. (Lignes directrices de la CDB).
- Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique (2004b). *Approche par Écosystème (Lignes Directrices de la CDB)*, Montréal: Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique 51 p.
- SEDES (1987). *Étude du secteur agricole du Niger. Bilan diagnostique phase I*. Niamey.
- Serpantié, G. et al. (2012). "Des bienfaits de la nature aux services écosystémiques", *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement* [En ligne], Volume 12 numéro 3 | décembre 2012, mis en ligne le 15 décembre 2012, consulté le 17 janvier 2013. URL : <http://vertigo.revues.org/12924> ; DOI : 10.4000/vertigo.12924.
- SIDI (2011). *Aide mémoire pour les agents d'agriculture*, Institut National de la Recherche Agronomique du Niger.
- Simard G. (1989). *Animer, planifier et évaluer l'Action : la méthode du «focus group»*, Laval: Mondia, 102 p.
- Simos, J. (1990). *Évaluer l'impact sur l'environnement: une approche originale par l'analyse multicritère et la négociation*. Collection META, Presses polytechniques et Universitaires Romandes.
- Söderman, T. et Saarela, S.R. (2010): *Biodiversity in strategic environmental assessment (SEA) of municipal spatial plans in Finland*, *Impact Assessment and Project Appraisal*, 28:2, 117-133.

- SOE-OMVS (2007). *Observatoire de l'Environnement de l'OMVS : un outil stratégique de Veille pour le suivi de l'état de l'Environnement et des ressources naturelles du Bassin, OMVS*, 54 p.
- Kueto, S (1980). "Les résultats ne sont pas importants; ce qui compte, ce sont les processus qui les produisent" in *revue française de gestion industrielle*, Vol. 21, N° 1-2002, citations du mois.
- Stuart Chapin III, F. Et al. (2000). *Consequences of changing Biodiversity*, Naure, Vol. 405, 11 MAY 2000, pp 234-242.
- Sukhdev, P. et al (2008). *The economics of ecosystems & biodiversity, an interim report. European Communities*, 64 p.
- Suski C.D. and Cooke, S. J. (2007). *Conservation of aquatic resources through the use of freshwater protected areas: opportunities and challenges, Biodiversity Conservation*, Springer Science + Business Media, (2007) 16:2015–2029.
- Talatou, H. (1991). *Synthèse des activités de pêche de 1974 à 1990*, MHE/DFPP, Service Aménagement des pêcheries-Niamey.
- Tarik Al-Shemmeri, T. (1997). *Model choice in multicriteria decision aid*, European Journal of Operational Research 97 (1997) 550-560.
- Taulelle F. (2006). *L'Aménagement* dans Encyclopoedia Universalis, Paris, Encyclopoedia Universalis.
- Tecsult (2006a). *Programme Kandadji de Régénération des Écosystèmes et de Mise en valeur de la vallée du Niger Étude d'impact environnemental et social détaillée, Rapport définitif de la phase I – Volume 1 : Description du milieu*, Haut Commissariat à l'Aménagement de la Vallée du Niger.
- Tecsult (2006b). *Programme Kandadji de Régénération des Écosystèmes et de Mise en valeur de la vallée du Niger Étude d'impact environnemental et social détaillée, Rapport définitif de la phase I – Volume 2 : évaluation des impacts*, Haut Commissariat à l'Aménagement de la Vallée du Niger.
- Tecsult (2006c). *Programme Kandadji de Régénération des Écosystèmes et de Mise en valeur de la vallée du Niger Étude d'impact environnemental et social détaillée, Rapport définitif de la phase I – Volume 3 : plan de gestion environnemental et social*, Haut Commissariat à l'Aménagement de la Vallée du Niger.
- Tecsult (2006d). *Programme Kandadji de Régénération des Écosystèmes et de Mise en valeur de la vallée du Niger Étude d'impact environnemental et social détaillée, Étude des ressources culturelles, historiques et archéologiques*, Haut Commissariat à l'Aménagement de la Vallée du Niger.

- Tecsult (2005a). *Programme Kandadji de Régénération des Écosystèmes et de Mise en valeur de la vallée du Niger Étude d'impact environnemental et social détaillée, étude sur la faune et la jacinthe d'eau*, Haut Commissariat à l'Aménagement de la Vallée du Niger.
- Tecsult (2005b). *Programme Kandadji de Régénération des Écosystèmes et de Mise en valeur de la vallée du Niger Étude d'impact environnemental et social détaillée, étude de la végétation*, Haut Commissariat à l'Aménagement de la Vallée du Niger.
- Tecsult (2005c). *Programme Kandadji de Régénération des Écosystèmes et de Mise en valeur de la vallée du Niger Étude d'impact environnemental et social détaillée, étude sur la pêche*, Haut Commissariat à l'Aménagement de la Vallée du Niger.
- Tecsult (2005d). *Programme Kandadji de Régénération des Écosystèmes et de Mise en valeur de la vallée du Niger Étude d'impact environnemental et social détaillée, étude sur l'agriculture*, Haut Commissariat à l'Aménagement de la Vallée du Niger.
- Thérivel, R. et coll. (1999). *Strategic environmental assessment*. The Royal Society for the Protection of Birds. London. Great Britain. 181 p.
- Thérivel, R. et Partidario, M. R. (1996). *The practice of strategic Environmental Assessment*. Earthscan. Londres. 206 p.
- Thérivel, R. and al. (1992). *Strategic Environmental Assessment*. London: Earthscan Publication, 181 p.
- Teyssedre A. (2004). "Vers une sixième grande crise d'extension" in Barbault R. et Chevassus-au-Louis B., (eds.), (2004). *Biodiversité et Changements Globaux, Enjeux de société et défis pour la recherche*, Ministère des Affaires Étrangères, Paris.
- Thuiller, W. (2005). "Modélisation empirique de la biodiversité : un outil pour évaluer l'impact des changements globaux" in Marty et coll. (2005). *Les biodiversités : objets, théories, pratiques*. Paris : CNRS éditions, pp111-123.
- Tille, M (2001). *Choix de variantes d'infrastructures routières: méthodes multicritères*, Thèse N° 2294 (2000) École polytechnique fédérale de Lausanne, département de génie civil, sciences techniques.
- Tilman, D. (2000). *Causes, consequences and ethics of biodiversity*, NATURE, Vol. 405, 11 may 2000, pp 208-211.
- Treweek, J et al., (2005). *Principles for the use of strategic environmental assessment: a tool the conservation and sustainable use of biodiversity*. Journal of Environmental Assessment Policy and Management, 7(2), 173–200.
- Vazquez, M. de L., et al. (2012) "Territorial Intelligence Modeling for Energy Development (TIMED) – A Case Study for the Baie-des-Sables (Canada) Wind Farm". Accepted in *International Journal of Multicriteria Decision Making*, to appear.

- Vincke, P. (1989). *L'aide multicritère à la décision*. Bruxelles: Éditions de l'Université de Bruxelles/Éditions Ellipses, 179 p.
- UNESCO (2000). *La solution du puzzle: l'approche écosystémique et les réserves de biosphère*, UNESCO, Paris, 31 p.
- UICN (2011). *Red list 2011*.
- UICN (2008). *Red list 2008*.
- UICN (2006). *Liste rouge*,
[http://www.iucn.org/en/news/archive/2006/05/02_pr_red_list_fr.htm], (12 décembre 2008).
- UICN (1980). *Stratégie Mondiale de la Conservation*, Gland, Suisse, Edition UICN, PNUE-WWF, 64p.
- UN (2001). *Situation mondiale de la diversité biologique*, Rapport du Secrétaire général, Conseil économique et social, Commission du développement durable, 30 avril-2 mai 2001.
- Upreti, B. (2005). *Biodiversity considerations in strategic environmental assessment: a case study of the Nepal water plan*, Journal of Environmental Assessment Policy and Management, Vol. 7, No. 2 (June 2005) pp. 247-266.
- Volot R. et Delfino, J-P. (1995). *Les colères de l'eau : deux siècles d'inondations en Provence-Côte d'Azur*, Édisud Aix-en-Provence, 148 p.
- Waaub, J-P. (2011). *Notes de cours «GEO8271 : Évaluation environnementale»*, Département de géographie, Université du Québec à Montréal.
- Waaub, J-P et al. (dir) (2005). *Projet pilote de réalisation d'une évaluation environnementale stratégique territoriale par les Atikamekw*, rapport final, tome 1, rapport méthodologique, GEIGER.
- WCD (2000). *Dams and development, A new framework for decision-making*, the report of the word Commission on Dams, Earthscan, London.
- Welcomme (1975). *L'écologie des pêches dans les plaines inondables africaines*, document technique du CPCA N03, FAO, Rome.
- Welcomme (1981). *Évaluation de l'effet du barrage de Kandadji sur les pêcheries du fleuve Niger*. Rapport préparé pour le projet TCP/NER/0103(MA) assistance à l'Autorité du barrage de Kandadji (ABK) document de travail1, FAO, Rome.
- Wetlands international (sans date) *Impact des barrages sur les populations du Mali*, 12 p. disponible sur
[http://www.premonline.org/archive/11/doc/Wetlands%20Upper%20Niger_french%20\(2\).pdf](http://www.premonline.org/archive/11/doc/Wetlands%20Upper%20Niger_french%20(2).pdf).

- William. M. Adams, (2004). *Biodiversity Conservation and the Eradication of Poverty*, Science Vol. 306, 1146-1148.
- Willis, K. J. et al. (2009). *Biodiversity and Climate Change*, Science 326, 806.
- Wim De Keyser, Peter Peeters (1996). *A note on the use of PROMETHEE multicriteria methods*, European Journal of Operational Research 89 (1996) 457-461.
- WWF/WAFPCO. (2011). *Plan de gestion de la vie sauvage et des habitats naturels*, Haut-Commissariat à l'aménagement de la vallée du Niger , Rapport final.
- Wood, C. (2003). *Environmental Impact Assessment: A Comparative Review*. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall.
- Wood, C. et Djeddour, M. (1992). *Strategic environmental assessment: EA of policies, plans, and programs*, Impact Assessment Bulletin 10, 1 (1992): 3-22.
- WWV/GWP. (2000). *Water for 21st century: vision for West Africa*, 2nd World Water forum, 17-22 march 2000, Hague.